

I. Ueber die gewöhnlichste Reihe der Blattstellungsgesetze; von C. F. Naumann in Leipzig.

Braun und Schimper haben gezeigt, daß unter allen in der Natur vorkommenden Blattstellungen diejenigen bei weitem am häufigsten sind, deren Charakteristik einem Gliede der Reihe

$$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{3}{8}, \frac{5}{13}, \frac{8}{21}, \frac{13}{34}, \frac{21}{55} \text{ u. s. w.}$$

entspricht. Da sie jedoch das Feld ihrer Untersuchung mit großem Scharfsinne nach allen Richtungen hin durchforschten, so konnte es ihnen nicht entgehen, daß auch noch andere Blattstellungen vorkommen. So findet Braun eine Reihe folgender Zahlen:

$$\frac{1}{4}, \frac{3}{7}, \frac{4}{11}, \frac{7}{18}, \frac{11}{29}, \frac{18}{47}, \frac{29}{76} \text{ u. s. w.}$$

und entwickelt noch viele andere Nebenreihen von Blattstellungsgesetzen.

Wenn wir nun die Blattstellungen als das Resultat einer *quincuncialen Anordnung* betrachten, welche die Natur mit mehr oder weniger Regelmäßigkeit zu verwirklichen strebt, so fragt es sich, worin denn eigentlich der *Zusammenhang* jener, zu einer Reihe gehörigen Blattstellungen begründet sey.

Zwar habe ich in diesen Annalen (Bd. LVI S. 22) eine Erklärung dieses Zusammenhanges angedeutet; dieselbe war jedoch irrig, und beruhte auf meiner damaligen Unkenntniß der Art und Weise, wie die Natur eigentlich den *Uebergang* aus einer quincuncialen Anordnung in die nächstfolgende bewerkstelligt ¹⁾

1) Viele, sehr wichtige Betrachtungen über die Gesetze der Aneinanderreihung verschiedener Anordnungen gab Braun nach Schimper, in der Allgemeinen botanischen Zeitung, 1835. No. 10 bis 12.

Das Studium der reichen Cacteen-Sammlung des Hrn. Wechselsensal Kob allhier hat mich gelehrt, daß ein wirkliches Eintreten *neuer Orthostichen* oder Zeilen ¹⁾ stattfinde, sobald eine minderzählige in eine mehrzählige Stellung übergeht. Es ist also *nicht* das Ueberspringen eines schiefen Strophensystems in die verticale Richtung, sondern die *wirkliche Einschaltung* so vieler *neuer Orthostichen*, als erforderlich sind, wodurch die Natur jenen Uebergang bewirkt. Diese Einschaltung erfolgt theils mittelbar, durch eine Gabelung schon vorhandener Orthostichen, theils unmittelbar, durch das Eindringen ganz selbstständiger Orthostichen.'

Die Geschlechter *Melocactus*, *Echinocactus*, *Echinopsis* und *Cereus*, in welchen die Orthostichen durch die Rippen oder Kanten so deutlich ausgeprägt sind, gestatten eine besonders leichte und sichere Verfolgung der Erscheinung. So zeigten z. B. Exemplare von *Echinocactus sessiliflorus*, *E. cornigerus* und *E. anfractuosus* ganz entschieden *unten* 13, *oben* 21 Rippen, und die Abzählung der Strophen gab dort $\frac{5}{13}$, hier $\frac{8}{21}$ als die Charakteristik des Quincunx. Dabei schienen jedoch die Strophen fast gar nicht gestört zu seyn, so daß man, nur auf ihre Lage und nicht auf ihre Bedeutung achtend, aus dem einen Quincunx in den andern fortzählen konnte, ohne eine Aenderung in der Zahl und Richtung der Strophen wahrzunehmen. Die 5 Archistrophen und die 8 Protostrophen erster Ordnung des unteren Quincunx machten sich dort vorzüglich bemerkbar; und eben so traten im oberen Quincunx 5 und 8 Strophen hervor, welche nur eine Fortsetzung jener unteren zu seyn schienen.

Allein bei einer genaueren Untersuchung ergab sich, daß beide quincunciale Anordnungen *widersinnig* ausgebildet waren, daß die *Archistrophen* des *unteren* Quincunx mit den *Protostrophen* *zweiter* Ordnung des *obe-*

1) Für die verticalen Reihen oder Zeilen ist, nach Braun und Schimper, das Wort Orthostiche gebraucht worden.

ren Quincunx, und dagegen die *Archistropen* des *letzteren* mit den *Protostropen* *erster* Ordnung des *ersten* zusammenfielen.

Es sind also an und für sich sehr *verschiedene*, aber durch *gleiche Coordinationszahl* charakterisirte Strophensysteme, welche, sich an einander anschliessend, den Uebergang aus dem einen Quincunx in den nächstfolgenden vermitteln, so dafs für die *Blattvertheilung* selbst jeder *hiatus* oder Sprung dort vermieden wird, wo sich ein solcher für die *Totalform* der Pflanze durch das Eintreten von 8 neuen Orthostichen sehr auffallend zu erkennen giebt.

Da hiermit das Verknüpfungsgesetz für *zwei* Glieder der Hauptreihe gegeben zu seyn schien, so lag der Gedanke sehr nahe, dafs es wohl für alle Glieder derselben Reihe Gültigkeit haben werde; und so verhält es sich auch in der That. Bei dem Uebergange *eines* Quincunx in den *nächstfolgenden* dieser Reihe finden also jedesmal nachstehende Bedingungen statt:

- 1) *Umsetzung der Richtung* (Antidromie Schimper's), so dafs der eine nach rechts, der andere nach links aufsteigt;
- 2) *Gleichheit der Coordinationszahl* für die Archistropen des oberen Quincunx und die Protostropen erster Ordnung des unteren Quincunx; und
- 3) *Gleichheit der Coordinationszahl* für die Protostropen zweiter Ordnung des oberen Quincunx und die Archistropen des unteren Quincunx.

Diese *Gleichheit* der Coordinationszahlen von beiderseits *verschiedenen* Strophensystemen erscheint als die eigentliche *Grundbedingung* für die Möglichkeit eines unmittelbaren Anschliessens zweier quincuncialer Gesetze, ohne dafs damit eine Störung in der Anordnung des Ganzen verbunden wäre.

Die Rechnung läfst nun aus denen *ad 2* und *3* stehenden Bedingungen Folgendes ableiten.

Für irgend eine Strophe der p^{ten} Ordnung und q^{ten} Klasse ist die Coordinationszahl (Ann. Bd. LVI S. 19):

$$c = qm - pn$$

für Archistropen ist $q=0$, $p=1$, also

$$c = n$$

für Protostropen ist $q=1$, und für die der *ersten* Ordnung insbesondere auch $p=1$, also

$$c = m - n$$

für Protostropen der *zweiten* Ordnung ist $p=2$, also

$$c = m - 2n.$$

Ein Quincunx Q nach $\frac{n}{m}$ wird also, den obigen Bedingungen zufolge, in einen Quincunx Q' nach $\frac{n'}{m'}$ unmittelbar übergehen können, wenn:

$$n' = m - n \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$m' = 2m - n \quad \dots \dots \dots (2)$$

oder wenn:

$$\frac{n'}{m'} = \frac{m - n}{2m - n}.$$

Ein dritter Quincunx Q'' nach $\frac{n''}{m''}$ fordert eben so die Bedingung:

$$\frac{n''}{m''} = \frac{m' - n'}{2m' - n'} = \frac{m' - n'}{m' + (m' - n')}.$$

Substituirt man hierin für $m' - n'$ den, aus den Gleichungen (1) und (2) folgenden Werth m , so wird

$$\frac{n''}{m''} = \frac{m}{m' + m},$$

und setzt man ferner in den Zähler dieses Bruches statt m den, aus der Gleichung (1) folgenden Werth, so resultirt:

$$\frac{n''}{m''} = \frac{n' + n}{m' + m}.$$

Folglich stellen diese drei, unmittelbar auf einander folgenden Glieder $\frac{n}{m}$, $\frac{n'}{m'}$ und $\frac{n''}{m''}$ den Anfang einer Reihe

dar, deren Glieder die Eigenschaft besitzen, daß der Zähler und der Nenner eines jeden Gliedes die Summen der beiden Zähler und der beiden Nenner der zwei vorhergehenden Glieder sind.

Dies ist die merkwürdige Eigenschaft aller, zu einer und derselben Verwandtschaftsreihe gehörigen Stellungsgesetze, auf welche Braun die Aufmerksamkeit der Botaniker gelenkt hat, und welche wir gegenwärtig als eine bloße *Folgerung* der eigentlichen *Grundbedingung* aller Verwandtschaft erkannt haben, daß nämlich die Coordinationszahlen gewisser ungleichnamiger Strophien einander gleich seyn müssen.

Ist nun $\frac{1}{2}$ das erste Glied der Reihe, so folgt das zweite Glied:

$$\frac{n'}{m'} = \frac{1}{3},$$

und dann ergibt sich durch bloße Addition der Zähler und Nenner die ganze Hauptreihe, welche in der Natur eine so außerordentlich wichtige Rolle spielt:

$$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{3}{8}, \frac{5}{13}, \frac{8}{21} \text{ u. s. w.}$$

Ist dagegen $\frac{1}{4}$ das erste Glied der Reihe, so folgt für das zweite Glied:

$$\frac{n'}{m'} = \frac{3}{7},$$

und dann, abermals durch bloße Addition der Zähler und Nenner, die zweite von Braun nachgewiesene Reihe:

$$\frac{1}{4}, \frac{3}{7}, \frac{4}{11}, \frac{7}{18}, \frac{11}{25} \text{ u. s. w.}$$

Warum nun gerade die Glieder der Hauptreihe so außerordentlich häufig in der Natur verwirklicht sind, dies mag vielleicht durch folgende Betrachtung erklärt werden. Man sieht offenbar, daß der *einfache* Quincunx

mit dem Werthe $\frac{1}{m}$ (Annal. Bd. LVI S. 6 und 27) gewissermaßen als die *Wurzel* aller übrigen quincuncialen Anordnungen zu betrachten ist; denn eine jede Verwandtschaftsreihe *beginnt* ja mit einer Varietät des einfachen Quincunx. Die einfachste aller einfachen quincuncialen

Anordnungen ist aber diejenige mit der Charakteristik $\frac{1}{2}$; auf sie folgt zunächst die mit der Charakteristik $\frac{1}{3}$. Beide diese einfachsten Formen stehen aber in dem Verhältnisse einer unmittelbaren gegenseitigen Ableitbarkeit, denn sie sind ja die ersten Glieder der Hauptreihe. Die Wurzel $\frac{1}{2}$ führt zunächst auf die Wurzel $\frac{1}{3}$, und, wie sich beide gegenseitig bedingen, so führen sie auch beide nur auf *eine* und *dieselbe* Reihe von *weiteren* Entwicklungen. Wenn wir nun bedenken, daß die Natur ihre Schöpfungen mit besonderer Vorliebe aus den einfachsten Elementen herausbildet, und daß diese Elemente für die Blattstellungen in den beiden ersten Gliedern der Hauptreihe (gleichsam zweien Wurzeln desselben Stammes) gegeben sind, so kann es wohl nicht befremden, daß der großen Mehrzahl der Pflanzen ihre Blattstellungen durch Glieder jener Reihe bestimmt wurden.

Nachdem solchergestalt vom Standpunkte der Quincuncial-Methode aus die Bedingungen für den Uebergang *eines* Quincunx der Hauptreihe in den *andern* nachgewiesen worden sind, so wird es nicht überflüssig seyn, die besondere Modalität dieses Ueberganges an einigen Beispielen zu erläutern.

Ein Exemplar von *Echinocactus Karwinskii*, Zucc. zeigte sehr deutlich den Uebergang aus dem Quincunx $\frac{2}{3}$ in den Quincunx $\frac{5}{13}$. Denkt man sich die Erscheinung auf einem cylindrischen, statt auf einem sphäroidischen Stamme ausgebildet, und die cylindrische Oberfläche abgewickelt, so erscheint solche wie Fig. 1.

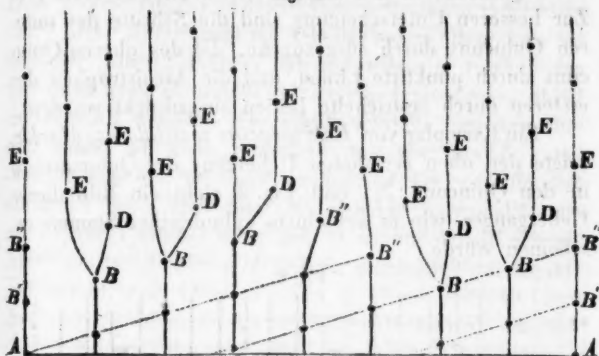
In der unteren Hälfte sieht man nur 8 ungetheilte Rippen, auf deren Kanten die Stachelwarzen nach dem Gesetze $\frac{2}{3}$ vertheilt sind, so daß

3 links aufsteigende Archistrophen, und

5 rechts aufsteigende Protostrophen der ersten Ordnung hervortreten. Von diesen 8 Rippen *gabeln* sich weiter aufwärts 5, wodurch eben so viele *neue* Orthostichen entstehen, und die, für den neuen Quincunx erforderliche

Zahl von 13 Rippen erfüllt wird. Der *Uebergang* des unteren in den oberen Quincunx erfolgt aber an jedem Gabelungspunkte folgendermassen. In der Richtung des

Fig. 1.

Uebergang aus $\frac{3}{8}$ in $\frac{5}{13}$.

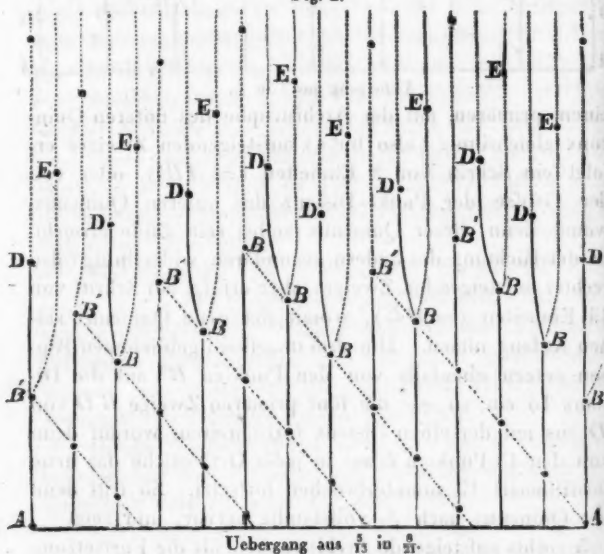
einen, primären, mit der Archistrophe des unteren Quincunx gleichsinnig (also links) aufsteigenden Zweiges erfolgt ein Schritt von 8 Einheiten ($=AB'$), oder von der Grösse der Punkt-Distanz des unteren Quincunx, womit denn dieser Quincunx selbst sein Ende erreicht. In der Richtung des andern, secundären, widersinnig (also rechts) aufsteigenden Zweiges aber erfolgt ein Schritt von 13 Einheiten ($=BE$), womit der neue Quincunx seinen Anfang nimmt. Die drei ungetheilt gebliebenen Rippen setzen ebenfalls von den Punkten B'' aus die Distanz 13 ein, so wie die fünf primären Zweige BD von D aus mit derselben Distanz fortschreiten, worauf denn von den 13 Punkten E aus in jeder Orthostiche das neue Schrittmass 13 ununterbrochen fortsetzt. So tritt denn der Quincunx nach $\frac{5}{13}$ vollständig hervor, und zeigt

- 5 rechts aufsteigende Archistrophien, als die Fortsetzung der vorherigen Protostrophien erster Ordnung;
- 3 links aufsteigende Protostrophien zweiter Ordnung, als Fortsetzung der vorherigen Archistrophien.

Die allgemeine, in diesen Strophen ausgedrückte Regelmäßigkeit der Blattstellung erscheint dabei ungestört, und man kann die Strophen ohne Unterbrechung aus dem einen Quincunx in den andern fortzählen und verfolgen. Zur besseren Unterscheidung sind die Schritte des unteren Quincunx durch ausgezogene, die des oberen Quincunx durch punktirte Linien, und die Archistrophen des ersteren durch gestrichelte Linien ausgedrückt worden.

Ein Exemplar von *Echinocactus sessiliflorus*, Mackie, zeigte den oben erwähnten Uebergang des Quincunx $\frac{5}{13}$ in den Quincunx $\frac{8}{21}$, und Fig. 2 giebt ein Bild dieses Ueberganges, wie er auf einem cylindrischen Stamme erscheinen würde.

Fig. 2.



Die untere Hälfte zeigt den Quincunx $\frac{5}{13}$ mit 5 rechts aufsteigenden Archistrophen, 8 links aufsteigenden Protostrophen erster Ordnung, und 3 links aufsteigenden Protostrophen zweiter Ordnung.

- Die obere Hälfte zeigt den Quincunx $\frac{8}{13}$ mit
- 8 links aufsteigenden Archistrophen (als Fortsetzung der vorherigen Protostrophen erster Ordnung),
 - 5 rechts aufsteigenden Protostrophen zweiter Ordnung (als Fortsetzung der vorherigen Archistrophen) und
 - 3 links aufsteigenden Protostrophen dritter Ordnung.

Der Uebergang erfolgt dadurch, daß sich 8 von den 13 unteren Rippen der Pflanze gabeln, wodurch nach oben 21 Rippen zur Entwicklung kommen. Von den Gabelungspunkten *B* aus (welche allemal durch eine Stachelwarze bezeichnet sind) setzt sich in denen, mit den Archistrophen des unteren Quincunx gleichsinnig (rechts) aufsteigenden Zweigen noch einmal das alte Schrittmaas 13 ($=BD$) ein, womit der untere Quincunx geschlossen ist; in denen widersinnig aufsteigenden Zweigen dagegen setzt sich das neue Schrittmaas 21 ($=BE$) ein, womit der obere Quincunx eröffnet wird. Die 5 ungetheilt gebliebenen Rippen setzen ebenfalls von *B'* aus mit dem neuen Schrittmaasse fort.

Ganz denselben Uebergang beobachtete ich an einem größeren Exemplare von *Echinocactus cornigerus*, während eine Menge kleiner Exemplare derselben Species sämmtlich unten 8, oben 13 Rippen zählten, und dort nach $\frac{8}{13}$, hier nach $\frac{21}{13}$ gebildet waren.

Diese beiden Beispiele werden hinreichen, um den Uebergang zweier, unmittelbar auf einander folgender Glieder der Hauptreihe zu erläutern.

Welche Rippen sich gabeln sollen, darüber scheint kein bestimmtes Gesetz zu walten; auch würde man dasselbe Resultat bekommen, wenn man in den Figuren 1 und 2 andere Rippen der Gabelung unterwerfen wollte, als diejenigen, welche an den von mir studirten Exemplaren diese Erscheinung zeigten.

Das Wesentliche aber, worauf es ankommt, ist:

- 1) Daß von jeder Gabelungsstelle aus der mit dem älteren Quincunx gleichsinnig aufsteigende Zweig

noch mit dem älteren Schrittmaafse, dagegen der *widersinnig* aufsteigende Zweig mit dem neueren Schrittmaafse beginnt, worauf sich dann das neuere Schrittmaafs in beiden geltend macht; und

- 2) dafs jede *ungetheilt* gebliebene Orthostiche oder Rippe bis über die, ihr zunächst liegende Gabelungsstelle noch mit einem Schritte des älteren Maafses fortsetzt, bevor sie das neue Schrittmaafs annimmt.

Um zu beweisen, dafs die Quincuncial-Methode auch von den Uebergängen anderer, in der Hauptreihe nicht begriffener Blattstellungen mit derselben Leichtigkeit Rechenschaft zu geben vermag, dazu mag die Erwähnung folgender zwei Beispiele dienen.

In der Sammlung des Hrn. Kob befinden sich mehrere schöne Exemplare von *Melocactus amoenus*. Die meisten derselben zeigen durchaus nur 10 Rippen, dabei 4 Archistrophen und 6 Protostrophen der ersten Ordnung; woraus folgt, dafs sie nach dem Gesetze $\frac{4}{10}$, oder, richtiger ausgedrückt, nach dem Gesetze $\frac{2}{5}$ mit wiederholtem Cyclus ausgebildet, und folglich mit zweizähligen Blattwirteln versehen sind. Ein Exemplar jedoch zeigt unten 9, oben 10 Rippen, und ist dort nach dem Gesetze $\frac{4}{9}$, hier nach dem Gesetze $\frac{5}{10}$, oder $5(\frac{1}{2})$ gebildet. Der Uebergang erfolgt an der einzigen sich gabelnden Rippe dadurch, dafs von dem Gabelungspunkte aus der, mit der unteren Archistrophe gleichsinnig aufsteigende Zweig mit dem Schrittmaafse 8, der widersinnig aufsteigende Zweig aber mit dem Schritte 12 fortwächst, worauf sich der ganze, zwischen der Archistrophe und der ersten Protostrophe des Gabelungspunktes enthaltene Theil des Stammes, unter Zugrundlegung des Schrittmaafses 8, nach dem Gesetze $\frac{1}{2}$ fortbildet.

Ein Exemplar von *Cereus colubrinus* ist unten mit 11, oben mit 12 Rippen versehen, während die Blattstellung unten dem Gesetze $\frac{5}{11}$, oben dem Gesetze $\frac{6}{12}$,

oder $6(\frac{1}{2})$ folgt. An der Uebergangsstelle gabelt sich die eine der 11 unteren Rippen, und der, mit der unteren Archistrophe gleichsinnig aufsteigende Zweig wächst mit dem Schrittmassse 10, während der widersinnig aufsteigende Zweig einen Schritt nach 15 macht, worauf sich der ganze obere Theil des Stammes, welcher zwischen der Archistrophe und der ersten Protostrophe des Gabelungspunktes enthalten ist, unter Zugrundlegung des Schrittmassses 10 nach dem Gesetze $\frac{1}{2}$ fortbildet.

Ueberhaupt geht also ein zusammengesetzter Quincunx nach $\frac{n}{m}$ (wo m eine ungerade Zahl ist) dadurch

in einen repetirten binären Quincunx $\frac{m+1}{2}(\frac{1}{2})$ über, dafs irgend eine Orthostiche eine Gabelung erfährt, von welcher aus in der Richtung der Archistrophen zunächst nach $2n$, in der andern Richtung nach $3n$ fortgeschritten wird. Die vom Gabelungspunkte auslaufende Archistrophe und Protostrophe erster Ordnung sind diejenigen, mit welchen der erste Quincunx abschliesst, und oberhalb welcher der zweite Quincunx nach dem Schrittmassse $2n$ und dem Gesetze $\frac{1}{2}$ zur Ausbildung kommt.

Wenn sich aus diesen Betrachtungen ergibt, dafs die Quincuncial-Methode von den verwickeltsten Verhältnissen der Blattstellung mit Einfachheit und Sicherheit Rechenschaft zu geben vermag, so dürfte sie wohl neben der Spiral-Methode einige Beachtung verdienen. Die Phytotomie allein wird darüber zu entscheiden haben, welche von beiden Methoden physiologisch-anatomisch begründet ist.

Zum Schlusse dieser Mittheilung will ich die an einigen cannelirten oder gerippten Cacteen und Euphorbien beobachteten Blattstellungen angeben, um andere Beobachter zu veranlassen, die ihnen vorkommenden Uebereinstimmungen oder Abweichungen anzumerken.

I. *Aus der Hauptreihe* beobachte ich folgende Gesetze:

1) *Quincunx* nach $\frac{1}{2}$; Archistropfen und Protostropfen erster Ordnung gleichwerthig, mit zweimaliger Repetition, also $2(\frac{1}{2})$, vier Rippen, an:

Cereus Forbesii,

- - *Bomplandi*,

mit dreimaliger Repetition, also $3(\frac{1}{2})$, sechs Rippen, an:

Cereus geometrizzans, Mart.,

- - *peruvianus*, De C.,

- - *Jamacuru*, Salm.,

mit viermaliger Repetition, also $4(\frac{1}{2})$, acht Rippen, an:

Cereus conicus, Otto,

mit fünfmaliger Repetition, also $5(\frac{1}{2})$, zehn Rippen, an:

Cereus crenulatus, Salm.,

- - *spinobarbis*, Otto,

Melocactus communis, De C.,

Echinocactus theiacanthus, Lem.

mit sechsmaliger Repetition, also $6(\frac{1}{2})$, zwölf Rippen, an:

Echinopsis Eyriesii,

mit siebenmaliger Repetition, also $7(\frac{1}{2})$, vierzehn Rippen, an:

Echinopsis campylacantha,

mit achtmaliger Repetition, also $8(\frac{1}{2})$, sechszehn Rippen, an:

Echinopsis turbinata.

2) *Quincunx* nach $\frac{1}{3}$; drei Rippen, 1 Archistrophe,

2 Protostropfen erster Ordnung, an:

Euphorbia magnidens, und

- - *trigona*.

3) *Quincunx* nach $\frac{2}{3}$;

in einmaliger Ausbildung, 5 Rippen, 2 Archistropfen und

3 Protostropfen erster Ordnung, an:

Echinocactus platyceras, Lem.,

mit zweimaliger Repetition, also $2(\frac{2}{3})$, 10 Rippen, 4 Ar-

chistropfen, 6 Protostropfen erster Ordnung, an:

Melocactus amoenus,

- - *Gardnerianus*,

- - *meonacanthus*,

mit dreimaliger Repetition, also $3(\frac{2}{3})$, oder 15 Rippen, 6 Archistrophen und 9 Protostrophen erster Ordnung, an:

Melocactus curvispinus.

4) *Quincunx* nach $\frac{2}{3}$;

in einmaliger Ausbildung, also 8 Rippen, 3 Archistrophen und 5 Protostrophen erster Ordnung, an:

Echinocactus robustus, Otto,

- - *Mirbelii*, Lem.,

- - *ingens*, Zucc.,

- - *Karwinskii*, Zucc.,

mit zweimaliger Repetition, also $2(\frac{2}{3})$, 16 Rippen, 6 Archistrophen, 10 Protostrophen erster und 4 Protostrophen zweiter Ordnung, an:

Echinocactus anfractuosus, Mart.,

- - *acutatus*, L. et O.,

5) *Quincunx* nach $\frac{5}{13}$, mit 13 Rippen, 5 Archistrophen und 8 Protostrophen erster Ordnung, an:

Echinocactus sessiliflorus, Mackie,

- - *anfractuosus*, Mart.,

- - *recurvus*, L. et O.,

- - *tetracanthus*, Lem.,

- - *Sellowianus*, L. et O.,

- - *electracanthus*, Lem.,

- - *cornigerus*, De C.

6) *Quincunx* nach $\frac{8}{21}$; mit 21 Rippen, 8 Archistrophen und 13 Protostrophen erster Ordnung, an mehreren der vorhergenannten Species, und außerdem an:

Echinocactus obvallatus, De C.,

- - *stellatus*, Scheidw.,

- - *muricatus*, Otto,

- - *Courantii*, Lem.,

- - *crispatus*, De C.,

- - *campylacanthus*.

7) *Quincunx* nach $\frac{13}{34}$; mit 34 Rippen oder Orthostichen, 13 Archistrophen, 21 Protostrophen erster Ordnung, an:

- Echinocactus grandicornis*, Lem.,
 - - *phyllacanthoides*, Lem.,
 - - *pentacanthus*, Lem.

II. Aus anderen Reihen sind besonders häufig die Gesetze $\frac{3}{7}$, $\frac{4}{9}$ und $\frac{5}{11}$; so fand ich unter andern:

1) *Quincunx* nach $\frac{3}{7}$;

in einmaliger Ausbildung, 7 Rippen, 3 Archistrophen, 4 Protostrophen erster Ordnung, an:

- Cereus macrogonus*, Otto,
 - - *Coryne*, Link.,
 - - *clavatus*, Otto,

in zweimaliger Wiederholung, also $2(\frac{3}{7})$; 14 Rippen, 6 Archistrophen und 8 Protostrophen erster Ordnung, an:

- Echinocactus suberinaceus*, Lem.,
 - - *tortuosus*, L. et O.

2) *Quincunx* nach $\frac{4}{9}$; 9 Rippen, 4 Archistrophen, 5 Protostrophen erster Ordnung, an:

- Pilocereus Columna*, Lem.,
Cereus gladiatus, Lem.,
 - - *Hystrix*, Salm.,
 - - *candicans*, var. *tenuispinus*,
 - - *divaricatus*, Lem.,
 - - *eburneus*, Salm.,
 - - *floccosus*, Otto,
 - - *Olfersii*, Otto, andere Exemplare anders.

Melocactus depressus.

3) *Quincunx* nach $\frac{5}{11}$; 11 Rippen, 5 Archistrophen und 6 Protostrophen erster Ordnung, an:

- Echinocactus tenuispinus*, L. et O.,
 - - *Ottomis*, Lehm.,
 - - *Forbesii*,

Cereus fulvibarbis.

4) *Quincunx* nach $\frac{5}{11}$; 12 Rippen, 5 Archistrophen und 7 Protostrophen erster Ordnung, an:

- Melocactus rubens*, Pfr.,
Echinocactus Zuccarinii,
 - - *dolichacanthus*, Lem.

- 5) *Quincunx* nach $\frac{6}{13}$; 13 Rippen, 6 Archistrophen und 7 Protostrophen erster Ordnung, an:
Echinocactus gibbosus,
Echinopsis pulchella, Zucc.
- 6) *Quincunx* nach $\frac{7}{16}$; 16 Rippen, 7 Archistrophen und 9 Protostrophen erster Ordnung, an:
Echinocactus formosus, Gill.
- 7) *Quincunx* nach $\frac{8}{19}$; 19 Rippen, 8 Archistrophen, und 11 Protostrophen erster Ordnung, an:
Echinocactus erinaceus, Lem.
- 8) *Quincunx* nach $\frac{9}{19}$; 19 Rippen, 9 Archistrophen und 10 Protostrophen erster Ordnung, an:
Echinocactus mammulosus, Lem.

Als eine mir auffällig gewesene Erscheinung bemerke ich noch, daß an einem Stämmchen von *Euphorbia mammillaris* von unten nach oben die Gesetze $\frac{4}{9}$, $\frac{4}{9}$, $\frac{5}{17}$ und $\frac{6}{13}$ zu verfolgen waren.

II. Nachtrag zu dem Aufsatz: „Ueber die theoretische Erklärung einer scheinbar neuen Polarität des Lichts; von G. B. Airy.

(*Philosoph. Transact. f. 1841, pt. I p. 1.*)

Im zweiten Theil der *Transactions* des Jahrs 1840 hat die K. Gesellschaft einen Aufsatz von mir veröffentlicht, welcher die von Sir David Brewster beobachtete scheinbar neue Polarität des Lichts nach der Undulationstheorie erklärt ¹⁾. Die Erklärung stützt sich auf die Voraussetzung: daß das Spectrum außerhalb des Brennpunkts beobachtet werde, eine Voraussetzung, die den Umständen bei meinen eigenen Beobachtungen und bei denen einiger anderen Personen entspricht. Seit der

1) S. *Annalen*, Bd. LIII S. 459.

Veröffentlichung jenes Aufsatzes hat Sir David Brewster mir versichert, daß die Erscheinung am sichersten mit großer Deutlichkeit beobachtet werde, wenn man das Spectrum so genau im Brennpunkt betrachtet, daß viele der feineren Fraunhofer'schen Linien sichtbar sind. Diese Beobachtung scheint den von mir citirten des Hrn. Talbot ¹⁾, so wie meinen eigenen zu widersprechen. Um die Dunkelheit zu entfernen, die sonach noch den Gegenstand einzuhüllen scheint, habe ich die theoretische Untersuchung fortgesetzt für den im früheren Aufsatz unberücksichtigten Fall, daß das Spectrum im Brennpunkt beobachtet werde oder $a=0$ sey ²⁾; und ich bin zu einem Resultat gelangt, welches die anscheinend widerstreitenden Angaben vollkommen auszugleichen scheint.

In der folgenden Untersuchung werde ich die Symbole und Formeln der früheren Abhandlung, so weit sie anwendbar sind, ohne weitere Rückweisung anwenden.

Der Werth von ϱ (a. a. O. S. 467) wird, wenn man $a=0$ macht:

$$\varrho = e - \frac{b}{e}y$$

und die Verschiebung des Aethers an dem Punkt der Netzhaut, dessen Abstand vom geometrischen Bilde b ist, erzeugt durch ein kleines Stück δy der Vorderseite der Welle, ist:

$$\delta y \times \sin \frac{2\pi}{\lambda} (\nu t - \varrho) \text{ oder } \delta y \times \sin \frac{2\pi}{\lambda} \left(\nu t - e + \frac{b}{e}y \right);$$

deshalb ist an diesem Punkt der Netzhaut die gesammte Verschiebung des Aethers, erzeugt durch denjenigen Theil der Pupille, der nicht durch eine verzögernde Platte bedeckt ist.

$$\int_y \sin \frac{2\pi}{\lambda} \left(\nu - e + \frac{b}{e}y \right),$$

wo

1) S. Annalen, Bd. LIII S. 464.

2) A. a. O. S.

wo die Gränzen des Integrals diejenigen Werthe von y sind, die den Umrissen des nicht von einer verzögernden Platte bedeckten Theils der Pupille entsprechen.

Ist aber ein Theil der Pupille bedeckt durch eine Platte, welche die Verzögerung R (ausgedrückt als Winkel) in der Phase der Welle hervorbringt, so hat man für die dem bedeckten Theile entsprechenden Gränzen folgenden Ausdruck zu integrieren:

$$\int_y \sin \left(\frac{2\pi}{\lambda} (\nu t - \varrho) - R \right)$$

oder
$$\int_y \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda} \left(\nu t - e + \frac{b}{e} y \right) - R \right].$$

Gehen die Gränzen der Pupille von $-h$ bis $+h$, ohne Rücksicht auf die andere Ordinate ihrer Fläche (welches darauf hinausläuft, die Form der Pupille als ein Parallelogramm zu betrachten), und sey der von R abhängige Theil zwischen den Gränzen 0 und $+h$ zu nehmen (was so viel ist als annehmen, es sey an der Seite, wo b als positiv betrachtet wird, die Hälfte der Pupille bedeckt); dann ist die gesammte Störung des Aethers:

$$\begin{aligned} & \int_y \sin \frac{2\pi}{\lambda} \left(\nu t - e + \frac{b}{e} y \right) \text{ von } y = -h \text{ bis } y = 0 \\ & + \int_y \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda} \left(\nu t - e + \frac{b}{e} y \right) - R \right] \text{ von } y = 0 \text{ bis } y = +h \\ & = \frac{\lambda e}{2\pi b} \left\{ \cos \frac{2\pi}{\lambda} \left(\nu t - e - \frac{bh}{e} \right) - \cos \frac{2\pi}{\lambda} (\nu t - e) \right. \\ & \quad \left. + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} (\nu t - e) - R \right) - \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} \left(\nu t - e + \frac{bh}{e} \right) - R \right] \right\} \end{aligned}$$

Der Coëfficient von $\cos \frac{2\pi}{\lambda} (\nu t - e)$ ist:

$$\begin{aligned} & \frac{\lambda e}{2\pi b} \left\{ \cos \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{bh}{e} - 1 + \cos R - \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{bh}{e} - R \right) \right\} \\ & = -\frac{\lambda e}{2\pi b} \left\{ 1 - \cos \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{bh}{e} - \cos R + \cos \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{bh}{e} \times \cos R \right. \\ & \quad \left. + \sin \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{bh}{e} \times \sin R \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= -\frac{\lambda e}{2\pi b} \left\{ \left(1 - \cos \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{bh}{e} \right) (1 - \cos R) + \sin \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{bh}{e} \times \sin R \right\} \\
&= -\frac{\lambda e}{2\pi b} 4 \sin \frac{\pi}{\lambda} \cdot \frac{bh}{e} \times \sin \frac{R}{2} \left\{ \sin \frac{\pi}{\lambda} \cdot \frac{bh}{e} \times \sin \frac{R}{2} \right. \\
&\quad \left. + \cos \frac{\pi}{\lambda} \cdot \frac{bh}{e} \times \cos \frac{R}{2} \right\} \\
&= -\frac{2\lambda e}{\pi b} \cdot \sin \frac{\pi bh}{\lambda e} \cdot \sin \frac{R}{2} \cdot \cos \left(\frac{\pi bh}{\lambda e} - \frac{R}{2} \right)
\end{aligned}$$

und der Coefficient von $\sin \frac{2\pi}{\lambda} (\nu t - e)$ ist:

$$\begin{aligned}
&= \frac{\lambda e}{2\pi b} \left\{ \sin \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{bh}{e} + \sin R + \sin \left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{bh}{e} - R \right) \right\} \\
&= \frac{\lambda e}{2\pi b} \left\{ \sin \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{bh}{e} \times (1 + \cos R) + \sin R \times \left(1 - \cos \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{bh}{e} \right) \right\} \\
&= \frac{2\lambda e}{\pi b} \cdot \sin \frac{\pi bh}{\lambda e} \cdot \cos \frac{R}{2} \left\{ \cos \frac{\pi bh}{\lambda e} \cdot \cos \frac{R}{2} + \sin \frac{R}{2} \cdot \sin \frac{\pi bh}{\lambda e} \right\} \\
&= \frac{2\lambda e}{\pi b} \cdot \sin \frac{\pi bh}{\lambda e} \cdot \cos \frac{R}{2} \cdot \cos \left(\frac{\pi bh}{\lambda e} - \frac{R}{2} \right).
\end{aligned}$$

Und die Intensität des Lichts an dem Punkt der Netzhaut, welche durch die Summe der Quadrate dieser Coefficienten vorgestellt wird, ist:

$$\frac{4\lambda^2 e^2}{\pi^2 b^2} \cdot \sin^2 \frac{\pi bh}{\lambda e} \cdot \cos^2 \left(\frac{\pi bh}{\lambda e} - \frac{R}{2} \right).$$

Setzt man Kürze halber $\frac{\pi bh}{\lambda e} = \omega$, und läßt den constanten Factor $4h^2$ fort, so wird der Ausdruck:

$$\left(\frac{\sin \omega}{\omega} \right)^2 \cdot \cos^2 \left(\omega - \frac{R}{2} \right),$$

wobei man sich erinnern muß, daß ω ein Vielfaches ist der Entfernung des geometrischen Bildes des Lichtpunkts von demjenigen Punkt der Netzhaut, für welchen die Intensität gesucht wird. Auch muß man inne bleiben, daß dieser Ausdruck für den genannten Punkt der Netzhaut diejenige Intensität giebt, welche durch einen einzelnen Lichtpunkt oder eine einzelne der Gränzkante der verzögernden Platte parallele Lichtlinie erzeugt wird.

Die folgende Tafel enthält die Werthe von

$$\left(\frac{\sin \omega}{\omega}\right)^2 \cos^2 \left(\omega - \frac{R}{2}\right)$$

für jede 10° von ω und jede 60° von R . Bei Berechnung derselben ist ω in Graden ausgedrückt und die letzte Ziffer der in der Tafel enthaltenen Zahlen ist die achte Decimale.

Werthe von ω .	Werthe von R .					
	0°.	60°.	120°.	180°.	240°.	300°.
—175°	25	20	8	0	4	17
—165	229	230	123	17	17	123
—155	610	738	499	133	6	245
—145	1050	1553	1286	515	12	280
—135	1372	2560	2560	1372	184	184
—125	1413	3527	4261	2882	767	33
—115	1109	4168	6164	5101	2043	47
—105	567	4231	7896	7896	4231	567
— 95	84	3618	9032	10912	7378	1964
— 85	104	2453	9216	13631	11282	4519
— 75	1111	1111	8294	15475	15475	8294
— 65	3473	148	6396	15970	19291	13046
— 55	7298	169	3962	14884	22013	18221
— 45	12346	1654	1654	12346	23038	23038
— 35	18020	4796	204	8835	22060	26652
— 25	23474	9402	217	5104	19175	28360
— 15	27778	14887	1994	1994	14886	27778
— 5	30154	20389	5427	231	9996	24959
+ 5	30154	24959	9996	231	5427	20388
+ 15	27778	27778	14887	1994	1994	14887
+ 25	23474	28360	19175	5104	217	9402
+ 35	18020	26651	22060	8835	204	4794
+ 45	12346	23038	23038	12346	1654	1654
+ 55	7298	18220	22013	14884	3962	169
+ 65	3473	13045	19294	15970	6396	148
+ 75	1111	8294	15475	15475	8294	1111
+ 85	104	4519	11282	13631	9216	2453
+ 95	84	1964	7378	10912	9032	3618
+105	567	567	4231	7896	7896	4231
+115	1109	47	2043	5101	6164	4168
+125	1413	33	767	2882	4261	3527

Werthe von ω .	Werthe von R .					
	0°.	60°.	120°.	180°.	240°.	300°.
+135°	1372	184	184	1372	2560	2560
+145	1050	279	12	515	1286	1553
+155	610	245	6	133	499	738
+165	229	123	16	17	123	230
+175	25	17	4	0	8	20

Ich hielt es für unnöthig die Tafel über die Werthe von $\omega = -175^\circ$ und $+175^\circ$ hinaus fortzusetzen, weil die Werthe von $\left(\frac{\sin \omega}{\omega}\right)^2$ sehr klein werden. Das höchste Maximum dieser Gröfse tritt ein, wenn $\omega = 0$; dessen Werth (ω in Gliedern des Radius ausgedrückt) ist dann $= 1$. Das zweite Maximum findet statt, wenn $\omega = \frac{3\pi}{2}$ nahe; sein Werth ist dann nahe $\left(\frac{2}{3\pi}\right)^2$, nahe $= \frac{1}{22}$, dessen Betrag wahrscheinlich einen unbeträchtlichen Einfluß auf die nun zu betrachtenden Ausdrücke ausübt.

Die Curven der Fig. 10 Taf. II repräsentiren durch ihre Ordinaten die Werthe von $\left(\frac{\sin \omega}{\omega}\right)^2 \cos^2\left(\omega - \frac{R}{2}\right)$. Die Werthe von R sind bis 720° fortgesetzt, um die successiven Verschiebungen der Hauptbogen der Curven deutlicher vor die Augen zu führen. Die Ordinaten repräsentiren also die Lichtintensität an den verschiedenen Punkten desjenigen kleinen verwaschenen Bildes auf der Netzhaut, welches durch das von einem einzigen Punkt herkommende Licht gebildet wird, selbst wenn er genau im Brennpunkt gesehen wird. Die äußerste Breite des in der Figur vorgestellten Bildes entspricht $\omega = 360^\circ$ oder ist $= \frac{2\lambda e}{h}$.

Drücken wir den Flächenraum jeder der Curven durch die Summen der Ordinaten, dividirt durch 36, aus, so erhalten wir folgende Werthe:

7234 für $R = 0^\circ$ 7055 - $R = 60$ 6696 - $R = 120$ 6517 - $R = 180$ 6696 - $R = 240$ 7055 - $R = 300$.

Ich schreite nun zur Anwendung dieser Zahlen auf die in Rede stehenden Erscheinungen.

Von den verschiedenen Punkten eines auf irgend eine Weise gebildeten Spectrums möge Licht auf das Auge einfallen. Das Charakteristische des Spectrums rücksichtlich der gegenwärtigen Untersuchung besteht darin, daß die Ordnung in der Lage der verschiedenen Farben dieselbe ist, wie die Ordnung der verschiedenen Werthe von R .

Erstens. Gesetzt der Werth von $\frac{2\lambda e}{h}$ sey klein, wenigstens im Vergleich mit dem Abstände zwischen denjenigen Punkten des Bildes vom Spectrum, für welche R sich um 360° geändert hat.

1) Es sey $\frac{2\lambda e}{h}$ außerordentlich klein. Da die Curve nach jeder Aenderung von R um 360° und nicht öfter dieselbe Form annimmt, so ist klar, daß die Aufeinanderfolge der Streifen (wenn deren überhaupt da sind) in dem sichtbaren Bilde von den Aenderungen der Gröfse R um 360° abhängt. Unsere Voraussetzung läuft also darauf hinaus: daß die Ausdehnung des kleinen verwaschenen Bildes ungemein geringer ist als der Zwischenraum zwischen den Streifen (falls sie da sind). Hier ist klar, daß die Bildung der breiten Streifen nicht von den Ungleichheiten des Lichts in dem schmalen verwaschenen Bilde abhängen kann, sondern bedingt werden muß von der Lichtmenge in dem Ganzen eines jeden kleinen verwaschenen Bildes, betrachtet als totales Licht aus einem Punkte des Spectrums. Nun ist das totale

Licht gleich für alle Punkte. Denn, da die Intensität des Lichts, welches von einem leuchtenden Punkt kommt und auf die Netzhaut fällt, durch $\left(\frac{\sin \omega}{\omega}\right)^2 \cos^2 \left(\omega - \frac{R}{2}\right)$ vorgestellt wird, so ist das gesammte, von jenem Punkt kommende Licht $= \int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin \omega}{\omega}\right)^2 \cos^2 \left(\omega - \frac{R}{2}\right)$, die Gränzen des Integrals dabei $\pm \infty$. Nun ist dieses bestimmte Integral unabhängig von R . Denn:

$$\cos^2 \left(\omega - \frac{R}{2}\right) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos R + \cos R \cdot \cos^2 \omega + \sin R \cdot \cos \omega \cdot \sin \omega$$

und folglich:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\sin \omega}{\omega}\right)^2 \cos^2 \left(\omega - \frac{R}{2}\right) &= \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos R\right) \left(\frac{\sin \omega}{\omega}\right)^2 \\ &\quad + \cos R \left(\frac{\cos \omega \cdot \sin \omega}{\omega}\right)^2 + \sin R \frac{\cos \omega \cdot \sin^3 \omega}{\omega^2} \end{aligned}$$

und die gesammte Intensität des Lichts wird vorgestellt durch:

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos R\right) \int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin \omega}{\omega}\right)^2 + \cos R \int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\cos \omega \cdot \sin \omega}{\omega}\right)^2 \\ + \sin R \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\cos \omega \sin^3 \omega}{\omega^2}, \end{aligned}$$

dabei die Gränzen der Integration $\pm \infty$. Das letzte Glied, indem es das Zeichen ändert, wenn es ω thut, macht offenbar sein bestimmtes Integral $= 0$. Die Beiden vorhergehenden können unter die Form gebracht werden:

$$\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos R\right) \int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin \omega}{\omega}\right)^2 + \frac{1}{2} \cos R \int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin 2\omega}{2\omega}\right)^2.$$

Wenn $\int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin \omega}{\omega}\right)^2$ von $-\infty$ bis $+\infty$ gleich S ist,

dann ist auch $\int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin 2\omega}{2\omega}\right)^2$ von $-\infty$ bis $+\infty$ gleich S , und der Ausdruck wird:

$$\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos R\right) \cdot S + \frac{1}{2} \cos R \cdot S \text{ oder } \frac{1}{2} S,$$

was unabhängig ist von R . Das gesammte Licht also ist

unabhängig von R oder gleich an allen Punkten. Daher entstehen keine Streifen.

2) Allein wenn $\frac{2\lambda e}{h}$ zwar klein, aber nicht äußerst klein, so kann der Haupteindruck auf das Auge gemacht werden von dem mittlichen Fleck des Lichts aus jeder Quelle, eingeschlossen zwischen den Werthen $\omega = -180^\circ$ und $\omega = +180^\circ$; während diejenigen Lichttheile, welche sich jenseits des centralen Flecks erstrecken, in der That verknüpft werden können mit den centralen Lichtflecken aus den Quellen in kleinem Abstände an jeder Seite. Und wenn die Beträge in den centralen Flecken aus verschiedenen Quellen ungleich sind, während die Gesamtbeträge aus den verschiedenen Quellen gleich sind, so ist einleuchtend, daß ein heller centraler Fleck aus einer Quelle combinirt werden kann mit hellen abgesonderten Theilen aus einer anderen Quelle, während ein schwächerer centraler Fleck aus der zweiten Quelle combinirt werden kann mit einem unbedeutenden abgesonderten Punkt aus der ersten Quelle, und so kann die gesammte Ungleichheit des Lichts das Doppelte der Ungleichheit der centralen Flecke seyn. Nun ist, wie wir gefunden, der Betrag des Lichts in dem centralen Fleck am größten und gleich 7234, wenn $R=0$ oder $=2\pi$, und am kleinsten, nämlich gleich 6517, wenn $R=\pi$ oder $=(2n+1)\pi$. Der Unterschied beider ist $\frac{1}{10}$ des Ganzen, und folglich ist an jedem Punkt der Netzhaut der Unterschied des gesammten Lichts, welches durch Combination des centralen Flecks, gebildet durch eine Quelle, mit dem abgesonderten Licht, gebildet von einer andern Quelle, hervorgebracht werden kann, nahe $\frac{1}{5}$ des Ganzen. Diese Ungleichheit des Lichts ist völlig hinreichend, deutliche Streifen zu bilden.

Die so gebildeten Streifen hängen nur von den Veränderungen im Werthe von R ab. Es ist ganz gleichgültig, ob R zu- oder abnimmt nach der Seite, an wel-

cher b als positiv betrachtet wird, d. h. gleichgültig, ob die verzögernde Platte auf Seite des rothen oder des violetten Endes vom Spectrum angebracht wird. Diese Streifen scheinen die gewesen zu seyn, die von Hrn. Talbot und auch von mir selbst bei Beschauung des Spectrums außerhalb des Brennpunkts gesehen wurden. Sie erfordern, dafs $\frac{2\lambda e}{h}$ nicht grofs sey, d. h. dafs die Apertur der Pupille ($2h$) oder die Apertur des angewandten Fernrohrs nicht sehr klein sey, und die Aenderungen von R nicht sehr rasch gesehen, d. h. dafs die Platte von Glimmer u. s. w. dünn sey. Diese Umstände fanden sich bei meinem Versuch. Ich kann hinzufügen, dafs die dunklen Streifen nicht schwarz sind, sondern nur schwärzlich (*dusky*), wie es die obigen Zahlen andeuten.

Zweitens. Gesetzt der Werth von $\frac{\lambda e}{h}$ sey vergleichbar mit dem Abstand zwischen den Punkten des Bildes vom Spectrum, zwischen denen R sich um 360° ändert. Gesetzt z. B. er sey diesem Abstände gleich.

1) Es sey das rothe Ende des äufsern Spectrums an derselben Seite wie die verzögernde Platte, d. h. an welcher b als positiv betrachtet wird. Dann ist auf der Netzhaut das Violett an dieser Seite oder R nimmt zu nach der positiven Seite. Es sey k die Ordinate, gemessen von einem festen Punkt auf der Netzhaut nach dem Centrum des verwaschenen Bildes irgend einer Farbe (k also eine Function von λ), und l die Ordinate, gemessen von demselben festen Punkt zu dem Punkt, für welchen die Intensität ermittelt werden soll; dann ist $k + b = l$ oder $b = l - k$, und die von irgend einer Lichtart erzeugte Intensität wird vorgestellt durch:

$$\frac{\sin^2 \frac{\pi h}{\lambda e} (l - k)}{\left\{ \frac{\pi h}{\lambda e} (l - k) \right\}^2} \cos^2 \left(\frac{\pi h l}{\lambda e} - \frac{\pi h k}{\lambda e} - \frac{R}{2} \right).$$

Die Summe der Intensitäten, die an irgend einem Punkt der Netzhaut durch alle die verschiedenen Lichtarten aus den anliegenden Theilen des Spectrums gebildet wird, ergibt sich durch Veränderung von k in diesem Ausdruck und durch Addition aller so erzeugten Werthe. Wenn nun R mit k wächst (was geschieht, wenn das rothe Ende des äufsern Spectrums an der Seite der verzögernden Platte liegt), so erleidet der Factor $\cos^2 \left(\frac{\pi h l}{\lambda e} - \frac{\pi h k}{\lambda e} - \frac{R}{2} \right)$ sehr grofse Veränderungen durch die combinirten Veränderungen von $\frac{\pi h k}{\lambda e}$ und $\frac{R}{2}$, was auch der Werth von l sey, und die Reihenfolge von Werthen, welche derselbe erlangt, wird für verschiedene Werthe von l nicht wesentlich verschieden seyn;

der erste Factor $\frac{\sin^2 \frac{\pi h}{\lambda e} (l-k)}{\left\{ \frac{\pi h}{\lambda e} (l-k) \right\}^2}$ wird auch grofse, aber

für verschiedene Werthe von b nahe gleiche Veränderungen erleiden; und demgemäfs wird das Aggregat aller Werthe für verschiedene Werthe von k , welches die gesammte Intensität des Lichts an den Punkt l vorstellt, nahe dasselbe seyn.

Diefs Aggregat wird graphisch dargestellt, wenn man voraussetzt, man bewege die zweite Curve in Fig. 10 Taf. II nach rechts, die dritte noch weiter rechts u. s. w., und nehme die Summe der Ordinaten der verschiedenen Curven, welche dann senkrecht unter einander stehen. Offenbar werden dann die grofsen Ordinaten einer Curve zu den kleinen eine andere addirt, so dafs in jedem Theil angenähert ein mittlerer Werth entsteht. Führen wir dieselbe Operation numerisch aus, indem wir die letzte Zahl der ersten Kolumne der Tafel S. 539 mit der vierten vom Ende in der zweiten Kolumne, der siebenten vom Ende in der dritten Kolumne und so fort bis zur

zwölften Kolumne combiniren (bemerkend, daß die Zahlen in den Kolumnen nach der sechsten wiederkehren, oder als vor der ersten wiederkehrend angesehen werden können), und erwägen wir, daß wir durch Addition der Zahlen aus den 12 Kolumnen in der That die Intensitäten aus allen verwaschenen, in irgend einem Grade superponirten Bildern combiniren, und dividiren wir sie endlich durch 12, so finden wir folgende Zahlen als Ausdrücke für die Intensitäten:

6884, 6882, 6881, 6879, 6875, 6872, 6870, 6868,
6867, 6868 etc.,

worin 6884 die größte und 6868 die kleinste. Es ist klar, daß dann keine Streifen sichtbar seyn werden.

2) Es sey das violette Ende des äußern Spectrums an derselben Seite wie die verzögernde Platte. Der algebraische Ausdruck bleibt noch derselbe, allein in seiner Auslegung findet sich der bedeutende Unterschied, daß R (welches nach dem violetten Ende des Spectrums hin wächst) in dem Spectrum auf der Netzhaut am größten ist an der Seite, an welcher k negativ ist, oder daß R abnimmt, wenn k wächst. Und wenn $\frac{\lambda e}{h}$ gleich ist der Veränderung von k , die einer Veränderung von R um 2π entspricht, oder wenn $\frac{\pi h}{\lambda e} \cdot \frac{\lambda e}{h}$ (oder π) gleich ist der Veränderung von $\frac{\pi h k}{\lambda e}$, die einer Veränderung von R um 2π oder von $\frac{R}{2}$ um π entspricht, so heben die Veränderungen von $\frac{\pi h k}{\lambda e}$ und von $\frac{R}{2}$ einander genau auf; es ist $\frac{\pi h k}{\lambda e} + \frac{R}{2} =$ einer Constanten C , und die gesammte Intensität des Lichts an einem gegebenen Punkt findet sich durch die Summe aller Größen:

$$\frac{\sin^2 \frac{\pi h}{\lambda e} (l-k)}{\left\{ \frac{\pi h}{\lambda e} (l-k) \right\}^2} \cdot \cos^2 \left(\frac{\pi h l}{\lambda e} - C \right),$$

aus welchen verschiedene Werthe von k entspringen. Da der zweite Factor unabhängig ist von k , und da die Veränderungen des ersten, die aus dem geänderten Werthe von k entspringen, ähnlich sind (bis zu der Erstreckung, bis welcher das Licht merklich ist) für jeglichen Werth von l , so folgt, dafs das Aggregat ausgedrückt seyn wird durch die Form $B \cos^2 \left(\frac{\pi h l}{\lambda e} - C \right)$.

Dieser Ausdruck sagt, dafs Licht von allen Intensitätsgraden, von dem hellsten B bis Null oder gänzlicher Dunkelheit, vorhanden seyn wird, und dafs sämtliche Veränderungen (oder die dunklen Streifen) wiederkehren, wenn $\frac{\pi h l}{\lambda e}$ sich um 2π , oder wenn l sich um $\frac{2\lambda e}{h}$ geändert hat.

Diese Combination wird graphisch dargestellt, wenn man die zweite Curve der Fig. 10 Taf. II um 30° zurückschiebt, die dritte um 60° , und so fort, und dann die Summe aller der nun vertical unter einander stehenden Ordinaten nimmt. Es ist klar, dafs die Ordinaten Null einander überall entsprechen. Führen wir dieselbe Operation numerisch aus, combiniren die erste Zahl der ersten Kolumne in der Tafel mit der vierten Zahl der zweiten Kolumne, der siebenten Zahl der dritten Kolumne u. s. w., und dividiren dann die Summe durch zwölf, so finden wir folgende Zahlen:

13646, 12829, 11295, 9227, 6875, 4524, 2456, 921,
105, 105, 921 etc.,

von denen die grösste 13646 oder etwas gröfser und die kleinste Null ist.

Offenbar bezeichnen diese Zahlen die Bildung der schwärzesten und der hellsten Streifen.

Der betrachtete Fall (wenn $\frac{\lambda e}{h}$ genau gleich ist der Veränderung von k , die einer Veränderung von R um 2π entspricht), ist der günstigste für die Entstehung der Streifen; allein es ist leicht ersichtlich, dafs, wegen der geringen Ausdehnung des verwaschenen Bildes, deutliche Streifen gebildet werden, wenn die einer Aenderung von R um 2π entsprechende Aenderung von k merklich gröfser oder geringer ist als $\frac{\lambda e}{h}$.

Der Zwischenraum der Streifen ist $\frac{2\lambda e}{h}$, und ist also für gewöhnlich klein. Er wird jedoch breiter, wenn man h -klein macht, d. h. wenn man die Apertur der Pupille zusammenzieht, oder wenn man ein Fernrohr mit begrenztem Objectiv anwendet. Der Werth von R ändert sich um 2π mit keiner gröfseren Aenderung in der Beschaffenheit des Lichts als derjenigen, welche erzeugt wird, wenn man von einem Theil des Spectrums übergeht zu einem andern, der (auf der Netzhaut) um $\frac{2\lambda e}{\lambda}$ entfernt ist, und deshalb mufs die verzögernde Platte verhältnifsmäfsig dick seyn.

Offenbar sind diefs die Streifen, welche Sir David Brewster sah, als er das Spectrum in dem Brennpunkt beobachtete.

Die Untersuchung, was die Erklärung der Bildung oder Nichtbildung der Streifen unter verschiedenen Umständen betrifft, wenn ein Theil der Pupille mit einer dünnen Platte eines durchsichtigen Mediums bedeckt, und das Auge gedreht wird, um ein Spectrum zu sehen, kann nun als hinreichend vollständig und, wie ich glaube, vollkommen genügend betrachtet werden. Einige Aenderung in den Ausdrücken würde ohne Zweifel entstehen, wenn man die Kreisform der Pupille, die von Sir Brewster bei einigen Versuchen angewandte geneigte Lage der

durchsichtigen Platte etc., in Erwägung zöge; doch würde, meines Erachtens, die allgemeine Erklärung dadurch nicht abgeändert werden.

III. Ueber die Erscheinungen bei dünnen Platten von starren und flüssigen Substanzen im polarisirten Licht;

von Sir David Brewster.

(Schluß von Seite 465 dieses Bandes.)

Bei einem Einfall von 45° auf Wasser und Glas, wo die Zeichen von φ und φ''' dieselben sind, ist der größte Unterschied in den Polarisations Ebenen $23^\circ 12'$; und bei einem Einfall von 10° ist der größte Unterschied $2^\circ 16'$ und findet statt bei einem Azimuth von etwa 45° .

Bei der *Seife* und dem *Tafelglase*, wo die Ringe mit schwarzem Mittelpunkt jenseits des Einfalls $71^\circ 45'$ erscheinen, ist der Unterschied in der Neigung der Ebenen beider Bündel auch geringer als 90° .

Ich war nun begierig die Erscheinungen eines vollkommenen Ringsystems für den Fall zu untersuchen, daß die Schicht ein größeres Brechvermögen als die darunter befindliche Substanz habe. Nach manchen fruchtlosen Versuchen zur Erlangung eines solchen Systems glückte es dadurch, daß ich eine sehr geringe Menge Lorbeeröl (*oil of Laurel*) auf Wasser in einem schwarzen Gefäße oder auf verdünnte oder unverdünnte Dinte brachte. Die dadurch erhaltenen Ringe waren unbeschreiblich prachtvoll und zeigten die verschiedenen Erscheinungen in auffallender Schönheit. Da der Polarisationswinkel des Oels den des Wassers übertrifft, so werden die Ringe mit schwarzem Mittelpunkt beim Polarisationswinkel des Wassers gesehen, wo das reflectirte Licht verschwindet. Man

sieht sie fortwährend bis zum Polarisationswinkel des Oels, wo sie verschwinden und die Ringe mit *weißem* Mittelpunkt beginnen, und sichtbar bleiben bis zum Einfall von 90° ¹⁾).

Bei Bildung dünner Schichten auf der Oberfläche verschiedener Metalle fand ich die Erscheinungen nahe gleich auf allen und wenig verschieden von denen, welche auf durchsichtigen Substanzen hervorgebracht werden. Auf einem schönen Exemplar von *Eisenglanz* fand ich ein Ringsystem mit drei Farben-Ordnungen fertig gebildet. Als das Azimuth des polarisirten Lichts um 90° gegen die Reflexionsebene neigte, verschwand das Ringsystem vollständig bei dem Einfallswinkel $58^\circ 36'$, welcher daher der Polarisationswinkel der unbekannten Substanz ist, aus welchem das System gebildet war; folglich ist deren Refraktionsindex etwa 1,638. Zwischen diesem Winkel und 90° Einfall erschienen Ringe mit *weißem* Mittelpunkt, allein bei $72^\circ 39'$, dem Polarisationswinkel des Eisens (welcher dessen Brechvermögen für *rothe* Strahlen zu 3,200 giebt) waren die Ringe ungemein schön, erscheinend auf schön blauem Grund, der durch das Verschwinden des bei diesem Winkel polarisirten *rothen* Lichts entstand. Ich maafs nun das Azimuth der Polarisations-ebene als die Ringe verschwanden, und fand es $59^\circ 25'$, wogegen die Formel $57^\circ 59'$ giebt, ein Unterschied, der

- 1) Diese dünnen Schichten von Lorbeeröl zeigen einige sonderbare Erscheinungen, welche, glaube ich, noch nicht bemerkt worden sind. Benäfst man mit Wasser, Alkohol oder Lorbeeröl das Ende eines kurzen Drahts, z. B. eine Stecknadel, und hält diese in der Hand, mit dem Kopf nach oben und die Schicht beinahe berührend, so weicht die Schicht in kleinen kreisförmigen Wellen zurück, und diese bilden ein neues System von farbigen Ringen, welche von dem Dampf der Flüssigkeit auf dem Kopf der Nadel in so kleinen Theilchen bedeckt werden, daß sie kein Licht reflectiren und geschwärzt erscheinen. Beim Fortziehen der Nadel kehrt die Schicht in ihren früheren Zustand zurück. Dasselbe zeigt sich, wenn man die Nadel oder die Flüssigkeit auf ihr erhitzt, so daß eine Verdampfung entsteht.

nicht wundern kann, wenn man erwägt, daß statt des Brechverhältnisses für die mittleren Strahlen, das nicht bekannt ist, das für die rothen Strahlen, nämlich 3,200, gebraucht ward. Die Neigung der Polarisations Ebenen der beiden interferirenden Bündel, berechnet nach den beiden vorhergehenden Formeln, ist $+32^{\circ} 7'$ und $-57^{\circ} 53'$, so daß, da diese Ebenen 90° gegen einander neigen, wie bei der Seife und dem Diamant, keine Interferenz stattfindet und die Ringe verschwinden.

An schönen Stufen des *Eisenglanzes* von Elba habe ich Krystalle gefunden bedeckt mit den schönsten gefärbten Schichten, sowohl von gleichförmiger als ungleichförmiger Dicke. Diese Schichten werden nicht von Säuren angegriffen, wie die farbigen Schichten auf Stahl; und sie scheinen, ihren optischen Eigenschaften nach, metallischer Natur zu seyn. Werden sie einem polarisirten Strahl ausgesetzt, so zeigen sie im Allgemeinen dieselben Erscheinungen wie die schon beschriebenen Schichten; allein es giebt keinen Einfallswinkel, bei welchem die Farben verschwinden, weder in dem Azimuth 90° , beim Polarisationswinkel an der Vorderfläche der Schicht, noch in denjenigen Azimuthen, wo die Bündel von der Vorder- und der Hinterfläche ihre Polarisations Ebenen winkelrecht gegen einander haben. Dieß entspringt ohne Zweifel aus dem hohen Brechvermögen der Schicht, in Folge dessen die verschiedenen homogenen Strahlen unter bedeutend von einander abweichenden Winkeln polarisirt werden.

Wenn durchsichtige Schichten von geringem Brechvermögen auf polirte Metallflächen gelegt, und dem polarisirten Lichte ausgesetzt werden, so sind die Erscheinungen nicht sehr verschieden von denen, welche dieselben Schichten auf durchsichtigen Flächen zeigen. Ich gebrauchte zunächst Seifenlösung, die auf Spiegelmetall ziemlich gute Farben gab; allein zuletzt verfiel ich auf eine Methode, durch welche man auf Flächen aller

Art, auf metallische, durchsichtige und undurchsichtige, die schönsten Systeme von Farbenringen hervorbringen kann. Zu dem Ende nahm ich *Lorbeeröl*, welches, auf Wasser geschüttet, sich zu einem Häutchen ausbreitet, welches das schönste System von Farbenringen giebt. Nachdem ich eine Platte polirten Metalls in einen porösen Holztrog gelegt, goß ich Wasser in denselben, so viel, daß die Metallfläche $\frac{1}{30}$ Zoll hoch bedeckt wurde; dann bildete ich auf dem Wasser unmittelbar über der Metallfläche eine Schicht von Lorbeeröl. Die Einsaugung des Wassers durch den Holztrog liefs bald die Oelschicht sinken und auf der Metallfläche ruhen ¹⁾). Wenn die anhaftende Feuchtigkeit durch Verdampfung entfernt war, trat die Schicht ungemein schön hervor, und konnte, vor Staub geschützt, beliebig lang aufbewahrt werden.

Nachdem eine Schicht dieser Art auf *Spiegelmetall* gebracht worden, erhielt ich folgende Resultate. Die Farbenringe verschwanden fast vollständig bei 56° , dem Polarisationswinkel des Oels. Die Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkt erschienen bei allen Winkeln unter 56° , und die Ringe mit *weißen* Mittelpunkten bei allen Winkeln darüber. Beide Ringsysteme erschienen ungemein deutlich bei den größten Einfallswinkeln, wogegen sie auf durchsichtigen Flächen von schwachem Brechvermögen schwerlich bei solchen Winkeln gesehen werden. Wenn das Azimuth der polarisirten Strahlen von 90° zu 0° variierte, so verschwanden die Ringe bei verschiedenen Incidenzen, oder wenn die Einfallswinkel variierten, verschwanden sie bei verschiedenen Azimuthen. Ich maafs diese Azimuthe, als die polarisirten Strahlen auf Spiegelmetall auffielen, und erhielt die folgenden Zahlen:

Ein-

- 1) Dasselbe wird durch eine langsame Verdampfung bewirkt, oder durch Aufsaugen des Wassers aus dem Trog mittelst einer Röhre, oder durch Ablassen des Wassers aus einer Oeffnung.

Einfallswinkel.	Azimuthe, wobei die Ringe verschwinden.		Unterschied.
	Beobachtet.	Berechnet.	
90°		40° 23'	
71° 50'	56° 25'	57° 22'	
60 0	65 45	65 4	-0° 57
56 5	90 0	90 0	+0 41

Bei Berechnung der dritten Kolumne aus der Formel S. 464 gebrauchte ich 1,49 als Brechverhältniß des *Lorbeeröls* und 4,011 als das des *Spiegelmetalls*, wie es sich aus meinen Versuchen über dessen elliptische Polarisation ergibt ¹).

Aehnliche Versuche machte ich mit Ringen auf *Silber*, dessen elliptische Polarisation sich der circularen am meisten nähert, auch auf *Körnerzinn*, welches unter allen Metallen das stärkste Brechvermögen zu besitzen scheint; allein ich fand es sehr schwierig, die Azimuthe, bei denen die Ringe verschwinden, mit einiger Genauigkeit zu bestimmen.

Nimmt man zu vorstehenden Versuchen gemeines Licht statt des polarisirten und analysirt das reflectirte Licht durch ein Kalkspathrhomboëder, so zeigen sich genau dieselben Erscheinungen.

Dagegen sind die Erscheinungen ganz anderer Art, sobald die Häutchen oder dünnen Schichten nicht auf der Oberfläche starrer oder flüssiger Körper gebildet werden. Bei allen Einfallswinkeln und bei allen Azimuthen sind die Farben und Charaktere der Ringe dieselben, man mag gemeines oder polarisirtes Licht anwenden. Zur Erlangung dieser Resultate strich ich dünne Häutchen von verschiedenen Oelen, z. B. von *Lorbeer-*, *Cassia*-, *Terpenthinöl*, und vielen andern, über kreisrunde Oeffnungen aus, und untersuchte sie im polarisirten Licht bei verschiedenen Azimuthen. Die Farbenringe verschwanden beim Polarisationswinkel des Oels, und der Glanz der Farben veränderte sich mit den Winkeln des Azi-

1) *Philosoph. Transact.* 1830, p. 324. (Ann. Bd. XXI S. 273.)

muths und des Einfalls; allein niemals erschienen die complementaren Ringe; es blieben immer Ringe mit schwarzem Mittelpunkt ¹⁾).

Um die Ursache hievon einzusehen, müssen wir den Polarisationszustand der interferirenden Bündel untersuchen. Da das Brechverhältniß gleich ist an beiden Oberflächen des Häutchens, so haben wir:

$$\text{tang } \varphi = \text{tang } x \cdot \frac{\cos(i+i'')}{\cos(i-i'')} \quad \text{und} \quad \cot \varphi''' = \cot x \cdot \frac{\cos^3(i-i'')}{\cos(i+i'')}$$

und wenn $\text{tang } \varphi = \cot \varphi'''$, was der Fall ist, sobald $\varphi + \varphi''' = 90^\circ$, so haben wir:

$$\text{tang } x = \frac{\cos^2(i-i'')}{\cos(i+i'')},$$

wenn $i = 90^\circ$ ist $\text{tang } \varphi = A$ oder dem Azimuth des polarisirten Strahls und $\cot \varphi''' = \frac{\cos^3 i''}{\sin i''}$.

Berechnen wir nun die Werthe von φ und φ''' für verschiedene Einfallswinkel und für verschiedene Azimuthe des polarisirten Lichts, so werden wir die Resultate der folgenden Tafel erhalten. In den Azimuthen 0° und 90° , φ und $\varphi''' = 0$.

- 1) Die physischen Erscheinungen bei diesen dünnen Häutchen sind sehr merkwürdig. Von dem Rande und dem Mittelpunkt der flüssigen Scheibe bildet sich quer über die Oberfläche derselben ein Strom von der Flüssigkeit, welcher der Spitze eines Ananas gleicht. Dieser Strom macht das Häutchen an einigen Stellen dünner als an anderen, und daraus entspringt ein unregelmäßiges System von Farbstreifen, mit einem unaufhörlichen Spiel der mannichfaltigsten Farben, gleich wie wenn die Flüssigkeit belebt wäre. Die Farbstreifen sind besetzt mit hervorspringenden Punkten, von welchen aus die Flüssigkeit quer über das Häutchen hin zu schiefen scheint. Besonders schön sind die Erscheinungen beim Zimmt-, Berg-, Pfeffermünz-, Vermuth-, Rübsen-, Muskat-, Bergamott-, Sadebaum-, Rosmarinöl u. s. w. Beim Mohnöl sieht man auch die grünen und rothen Farben 4ter, 5ter und 6ter Ordnung.

Neigung der Polarisationsebenen der beiden Bündel,
 φ und φ''' .

Einfallswinkel.	Azimuth $22^{\circ} 30'$.		Azimuth 45° .	
	Bündel von der Vorderfläche	Bündel von der Hinterfläche	Bündel von der Vorderfläche	Bündel von der Hinterfläche
0°	$22^{\circ} 30'$	$22^{\circ} 30'$	$45^{\circ} 0'$	$45^{\circ} 0'$
10	21 42	22 5	43 51	44 24
20	19 11	19 34	40 13	40 38
30	15 25	15 55	33 40	34 33
40	10 18	11 1	23 41	25 11
50	4 18	4 52	10 18	11 37
56 in 45°	0 0	0 0	0 0	0 0
60	2 6	2 35	5 4	6 13
70	7 54	11 52	18 32	26 53
80	15 11	24 41	33 13	47 58
85	18 40	33 34	39 12	58 2
90	22 30	43 57	45 0	66 44

Einfallswinkel.	Azimuth $67^{\circ} 30'$.		Azimuth 80° .	
	Bündel von der Vorderfläche	Bündel von der Hinterfläche	Bündel von der Vorderfläche	Bündel von der Hinterfläche
0°	$67^{\circ} 30'$	$67^{\circ} 30'$	$80^{\circ} 0'$	$80^{\circ} 0'$
10	66 40	67 4	79 36	79 48
20	64 13	64 14	78 13	78 23
30	58 7	58 58	75 10	75 38
40	43 21	48 37	68 6	68 6
50	23 41	26 24	45 52	49 23
56 in 45°	0 0	0 0	0 0	0 0
60	12 5	14 44	26 42	31 42
70	39 0	50 45	62 16	70 49
80	57 41	69 32	74 56	80 58
85	63 5	75 30	77 48	83 43
90	67 30	79 54	80 0	85 40

Die Resultate dieser Tafel, welche als die der Beobachtung betrachtet werden können ¹⁾, zeigen auf einem Blick die allgemeinen Phänomene bei allen Einfallswinkeln und Azimuthen.

In jedem Falle werden die interferirenden Bündel

1) *Phil. Transact.* 1830, p. 74 et 158. (Ann. Bd. XIX S. 259 u. 518.)

beide entweder bei Winkeln *über* oder bei Winkeln *unter* dem Polarisationswinkel reflectirt, und deshalb liegen ihre Polarisations Ebenen immer auf einerlei Seite der Reflexionsebene und in einerlei Quadranten, folglich können sie auch nie winkelrecht auf einander seyn und die Interferenz verhindern. Aus demselben Grunde kann die Neigung der Ebenen niemals 90° überschreiten, um, gemäß dem zuvor gegebenen Gesetz, die complementären Ringe mit weißem Mittelpunkt hervorzubringen.

Berechnen wir z. B. den Werth von x in der vorstehenden Tafel für einen Einfall von 70° , so finden wir ihn $66^\circ 25'$, bei welchem Azimuth die Neigungen φ und φ''' der Polarisations Ebenen $40^\circ 47'$ und $49^\circ 53'$ sind; allein wiewohl die Summe dieser Winkel 90° ist, ist die wirkliche Neigung der Ebenen $\varphi''' - \varphi = 9^\circ 6'$.

Die Eigenschaft der parallelen durchsichtigen Häutchen, durch Reflexion Bündel polarisirt in Ebenen bei verschiedenen Neigungen zu geben, wenn das einfallende Licht in verschiedenen Azimuthen polarisirt ist, befähigt uns zwei polarisirte Lichtbündel zu erhalten, die an Glas bei jeglichem Winkel von 0° bis $21^\circ 44'$ geneigt sind, und die Phänomene zu studiren, die solche Bündel entweder bei gegenseitiger Einwirkung oder bei deren Beziehungen zu andern Eigenschaften des Lichts darbieten.

Allein die Erscheinungen werden mannichfaltiger und interessanter, wenn die hintere Fläche gegen die vordere *neigt*. Auf diese Weise können wir Effecte hervorbringen analog denen, die durch eine Aenderung in dem Brechvermögen der Hinterfläche beim Contact mit einer andern brechenden Fläche hervorgebracht werden, können Bündel erhalten, die rechtwinklich gegen einander geneigt sind, und deshalb Ringe mit weißem Mittelpunkt zeigen. In diesem Fall werden die Erscheinungen denen ähneln, welche ein Oelhäutchen auf Wasser liefert.

Wenn das Brechverhältniß eines parallelen Häutchens 1,508 übertrifft, fällt der Strahl auf die Hinterflä-

che bei einem Winkel kleiner als der Polarisationswinkel ein; allein bei Neigung der Hinterfläche kann man diesen Einfallswinkel gröfser als den Polarisationswinkel machen. Noch mannichfaltiger werden die Erscheinungen, wenn man die Austrittsfläche gegen die Einfallsfläche neigt ¹⁾). Da es aber nicht leicht ist, dünne Häutchen mit zweckmäfsig gegen einander geneigten Flächen zu erhalten, so ist es unnöthig diese Seite des Gegenstandes weiter zu verfolgen.

Diefs sind die Erscheinungen bei *dünnen* und *dicken* Platten, wenn man sie mit polarisirtem Licht betrachtet oder mit gemeinem Licht, das man hernach durch ein doppelbrechendes Rhomboëder untersucht. Gebraucht man aber polarisirtes Licht und analysirt hernach das durch die dünnen Platten gegangene Licht, so erhalten wir eine Reihe sehr interessanter und lehrreicher Erscheinungen, analoge, wie Platten von doppelbrechenden Krystallen in polarisirtem Lichte zeigen. In beiden Fällen wird das Häutchen zwischen eine polarisirende Platte und ein analysirendes Rhomboëder eingeschaltet. Ist das Häutchen zu dick, um Farben zu erzeugen, so wird es den polarisirten Strahl depolarisiren, in ähnlicher Weise wie es eine Krystallplatte thut, die zur Lieferung von polarisirten Farben nicht dünn genug ist; und wenn das Häutchen hinlänglich dünn ist, um gleichförmige Farben zu geben, entsteht ein Farbenstreifen oder ein Ringsystem mit schwarzem oder weifsem Metallpunkt. Seine Wirkung ist analog der von dünnen Krystallplatten, welche entweder gleichförmige Farben (wie Gyps), oder Ringsysteme, einaxige oder zweiaxige, liefern.

Die grofse Mannichfaltigkeit der solchergestalt von dünnen Platten dargebotenen Erscheinungen zu beschreiben würde unnütz seyn, da sie nach dem Brechvermögen der flüssigen oder starren Unterlage dieser Platten verschieden sind. Ich werde mich daher auf den Fall

1) *Phil. Transact.* 1830, p. 147, Fig. 3. (Ann. Bd. XIX S. 518.)

beschränken, wo eine dünne Schicht von *Lorbeeröl* auf einer Fläche von *künstlichem Realgar* ruht. Schon in gemeinem Licht sind die Farben dieser Schicht sehr schön; allein im polarisirten Licht, durch ein Rhomboëder untersucht, sind sie unbeschreiblich prachtvoll.

1) *Azimuth des polarisirten Lichts* $= 90^\circ$, Einfallswinkel des polarisirten Strahls $= 56^\circ 5'$, dem Polarisationwinkel des Lorbeeröls.

Ohne polarisirendes Rhomboëder betrachtet, zeigt das Häutchen keine Ringe, da von der Vorderfläche desselben kein Licht reflectirt wird, folglich auch keine Interferenz stattfindet.

Betrachtet man die Schicht durch ein polarisirendes Rhomboëder, dessen Hauptschnitt in der Einfallsebene liegt, so erscheinen keine Ringe, weder in dem ordentlichen, noch in dem außerordentlichen Bilde. Ist aber der Winkel der Polarisationsebene kleiner oder größer als 90° , selbst um eine kleine Größe, dann sieht man, nachdem das Rhomboëder beinahe 90° nach der Rechten gedreht worden, für einen Augenblick ein Ringsystem mit *schwarzem* Mittelpunkt, und nachdem dieses verschwunden, folgt ein Ringsystem mit *weißem* Mittelpunkt. Dreht man das Rhomboëder nach der Linken, so erscheint das letztere System zuerst. Dieselben Erscheinungen wiederholen sich beim Drehen des Rhomboëders in jedem Quadranten.

2) *Azimuth des polarisirten Lichts* von 90° bis 0° verändert; Einfallswinkel $56^\circ 5'$ wie zuvor. Beim Azimuth 90° sind die Erscheinungen den zuvor beschriebenen gleich.

Bei $67\frac{1}{2}$; Rhomboëder 0, keine Ringe.

Rhomboëder rechts gedreht, erscheinen Ringe mit weißem Mittelpunkt, verschwinden dann, wenn der Azimuth des Rhomboëders kleiner ist als $67^\circ \frac{1}{2}$; darauf erscheinen Ringe mit schwarzem Mittelpunkt, welche bei 180° verschwinden; nun folgen welche mit weißem Mit-

telpunkt, die bei etwa 270° verschwinden, und endlich wieder schwarz-gemittelpunktete, die bis 360° vorhalten.

Bei 45° , $22^\circ \frac{1}{2}$. Bei diesen und andern Azimuthen erscheinen genau dieselben Phänomene, nur sind die Azimuthe des Rhomboëders, bei welchen die Ringe außerhalb der Einfallsebene verschwinden, etwas geringer als die Azimuthe des polarisirten Lichts.

Bei 0° . Das Verschwinden der Ringe findet statt, wenn die Azimuthe des Rhomboëders 0° , 90° , 180° und 270° sind, die Ringe mit *weißem* Mittelpunkt erscheinen im ersten und dritten Quadranten, die mit *schwarzem* im zweiten und vierten.

3) *Azimuth des polarisirten Lichts* $= 90^\circ$.

Einfallswinkel des polarisirten Lichts $= 68^\circ 3'$, dem Polarisationwinkel des Realgars.

Bei diesem Winkel verschwindet alles vom Realgar reflectirte Licht, mit Ausnahme einer dunkeln bläulichen Tinte, in deren Mitte man, ohne den Gebrauch des Rhomboëders, ein prachtvolles System reich gefärbter Ringe mit *weißem* Mittelpunkt sieht. Benutzt man, wie zuvor, ein Rhomboëder und läßt es eine volle Umdrehung machen, so sieht man ringsum Ringe mit *weißem* Mittelpunkt, die bei 90° und 270° verschwinden.

4) *Azimuth des polarisirten Lichts* von 90° bis 0° verändert; Einfallswinkel $68^\circ 3'$ wie zuvor.

Beim Azimuth 90° , die Erscheinungen wie zuvor.

Bei 80° und allen übrigen Azimuthen sind *weiß-gemittelpunktete* Ringe sichtbar, wenn das Rhomboëder bei 0° ist; allein sie verschwinden, wenn die Azimuthe des Rhomboëders kleiner sind als die Azimuthe der Polarisation, und es folgen ihnen Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkt.

Beim Azimuth 0° verschwinden die Ringe, wenn das Rhomboëder bei 0° und 180° ist, und haben sonst einen *schwarzen* Mittelpunkt.

Ohne Anwendung des Rhomboëders verschwinden

die Ringe immer beim Azimuth x , gegen welches die Polarisations Ebenen der interferirenden Bündel winkelrecht sind.

Bei Einfallswinkeln oberhalb $68^{\circ} 3'$ sind die Erscheinungen von gleichem Charakter. Die Ringe haben *weißen* Mittelpunkt beim Azimuth 90° und beim Rhomboëder 0° . Bei etwa 45° werden sie sehr glänzend. Bei 90° Drehung verschwinden sie, und unmittelbar darauf erscheinen Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkt, welche schnell verschwinden und ein System mit *weißem* Mittelpunkt zum Nachfolger haben.

5) *Einfallswinkel kleiner als $56^{\circ} 5'$.*

Bei 90° Azimuth des polarisirten Strahls und 0° des Rhomboëders sind Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkt sichtbar, und bleiben es während der vollen Umdrehung des Rhomboëders. Bei allen Azimuthen, von 90° bis 0° , verschwinden die Ringe, wenn man das Rhomboëder nach der Linken dreht und den Bogen von 90° bis 0° verringert. Allein in den Azimuthen von intermediärer Größe tritt nach dem Verschwinden der Ringe ein System mit *weißem* Mittelpunkt auf, welches schnell verschwindet, um einem System mit *schwarzem* Mittelpunkt Platz zu machen. Diese Erscheinung ist am besten beim Azimuth 45° sichtbar.

Sind die Platten oder Häutchen zu dick, um Farbenringe zu geben, so kann man die Erscheinungen der verschiedentlich polarisirten Bündel schön mittelst *farbiger* Gläser sehen, worin sich die von beiden Flächen reflectirten Bündel beobachten lassen. Ist das Glas z. B. *grün*, so wird das Bündel oder das Bild einer kleinen Oeffnung oder eines leuchtenden Körpers *grün* seyn, während das von der Vorderfläche, obwohl in Wahrheit farblos, *roth* erscheint, vermöge der physiologischen Wirkung des grünen Lichts auf die Netzhaut. Folglich werden die beiden verschiedentlich polarisirten Strahlen verschiedene Farben haben, wie wenn sie die Farben von polarisir-

tem Licht wären. Werden diese farbigen Gläser auf Metalle oder stark brechende Substanzen gelegt, oder darauf festgekittet, so wird die Polarisation der von ihnen reflectirten farbigen Bündel, gemäß dem schon erklärten Principe abgeändert, und sie zeigen manche interessante Erscheinungen, die mit den Farben der Gläser variiren, wie wenn die Farben durch Absorption von polarisirtem Licht erzeugt wären.

Um von den verschiedenen Klassen der im vorstehenden Aufsatz beschriebenen Erscheinungen eine allgemeine Idee zu geben, habe ich zwei der wichtigsten abgebildet, in Fig. 8 und 9 Taf. II.

1) *Glas und Wasser.* — Bringt man eine Schicht Wasserdampf auf Glas, dessen Brechverhältniß 1,508 ist, so verschwinden die Ringe bei $53^{\circ} 11'$, dem Polarisationswinkel des Wassers, und eben so in denjenigen Azimuthen, wo die beiden interferirenden Bündel winkelrecht gegen einander polarisirt sind. Bei allen größeren Azimuthen als diese und bei Einfallswinkeln oberhalb des Polarisationswinkels erscheinen Ringe mit *weißem* Mittelpunkt, wogegen bei allen Azimuthen kleiner als diese, und bei allen Einfallswinkeln (mit Ausnahme derjenigen, bei welcher weiß-gemittelpunktete Ringe sichtbar sind) Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkt auftreten.

Folgende Tafel zeigt die Werthe von x , oder den Azimuthen des Verschwindens der Ringe, berechnet nach der Formel S. 464.

Einfallswinkel.	Azimuthe.	Complemente.	Einfallswinkel.	Azimuthe.	Complemente.
$53^{\circ} 11'$	$90^{\circ} 0'$	$0^{\circ} 0'$	74°	$76^{\circ} 42'$	$13^{\circ} 18'$
55 0	82 8	7 52	75	77 9	12 51
60 0	76 52	13 8	76	77 36	12 24
65	75 15	14 45	80	80 0	10 0
67	75 10	14 50	85	84 15	5 45
70	75 30	14 30	90	90 0	0 0
73	76 18	13 42			

Denken wir uns nun, AB Fig. 8 Taf. II sey der Durchschnitt der Einfallsebene, und die verschiedenen Einfallswinkel von 90° bis $53^\circ 11'$ seyen auf demselben angezeichnet. Beschreibt man nun um einen Punkt auf der verlängerten AB , da wo die Incidenz 0° hinfällt, den Azimuthalkreis ZAZ und trägt, zu beiden Seiten von AB , von den entsprechenden Einfallswinkeln aus die Complementary der Azimuthe des polarisirten Lichtes auf, so werden die durch diese Punkte gehenden Curven ACB , ACB zeigen, bei welchen Einfallswinkeln und Azimuthen die Ringe verschwinden, in Folge der Rechtwinklichkeit der Polarisationssebenen beider Bündel an diesen Orten.

Bei allen Einfallswinkeln und bei allen Azimuthen innerhalb des schattirten Raums $ACBC$, werden Ringe mit *weißem* Mittelpunkt sichtbar seyn, bei allen übrigen Azimuthen und Incidenzen dagegen Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkt.

2) *Flussspath und Wasser.* Ich nehme diese Combination als Beispiel der Erscheinungen, welche bei Einfallswinkeln kleiner als 90° stattfinden, wenn der gebrochene Strahl bei Winkeln größer als der Polarisationswinkel der Schicht auf deren Hinterfläche fällt. Die folgende Tafel enthält die Werthe von x und deren Complementary.

Einfallswinkel.	Azimuthe.	Complementary.	Einfallswinkel.	Azimuthe.	Complementary.
$53^\circ 11'$	$0^\circ 0'$	$0^\circ 0'$	75°	$82^\circ 0'$	$8^\circ 0'$
56	82 35	7 25	78	88 41	11 9
60	77 47	12 13	78 4'	90 0	0 0
63	76 54	13 6	80	83 28	6 32
65	76 41	13 19	85	77 31	12 29
67	77 6	12 54	90	74 14	15 46
70	78 9	11 51			

Projiciren wir diese Werthe, wie es in Fig. 9 Taf. II geschehen, so erhalten wir eine doppelte Reihe von Cur-

ven, die sich in D vereinigen, wo der Einfallswinkel $78^{\circ} 4'$ ist, wobei der gebrochene Strahl auf die Hinterfläche bei deren Polarisationswinkel einfällt.

Bei allen Incidenzen und allen Azimuthen innerhalb der schattirten Theile der Figur $ZAZD$, $DCBC$ sind Ringe mit *weißem* Mittelpunkte sichtbar. Bei allen Azimuthen und allen Incidenzen, die den Umrissen der Figur $ZAZD$, $DCBC$ entsprechen, *verschwinden* die Ringe, und bei allen Incidenzen und Azimuthen außerhalb der schattirten Theile der Figur treten Ringe mit *schwarzem* Mittelpunkte auf ¹⁾).

IV. Ueber Thermographie.

(Notiz, mitgetheilt von Prof. E. Knorr zu Kasan.)

Seit Anfang December vorigen Jahres, wo ich meine »Untersuchungen über das von Hrn. Prof. Mäser entdeckte dunkle Licht und über die Erzeugung von Wärmebildern« an die Kaiserl. Academie der Wissenschaften zu St. Petersburg sandte ²⁾, habe ich eine Anzahl mir noch übrig gebliebener Platten zu neuen Versuchen benutzt, und glaube jetzt die von mir aufgefundenen That-sachen, mit Ausnahme einiger, die ich noch nicht unter einen allgemeineren Gesichtspunkt bringen kann, in folgenden Satz zusammenfassen zu können.

Wird ein Körper A der polirten Oberfläche eines andern Körpers B bis auf eine sehr kleine Entfernung genähert, oder werden beide Körper mit einander in Berührung gebracht, so bewirkt der gegenseitige Austausch der Wärme zwischen beiden Körpern eine Veränderung in

1) Die Erscheinungen, welche beim gleichzeitigen Gebrauch von polarisirtem Licht und einem analysirenden Rhomboëder gesehen werden, sind in diesen Figuren nicht angegeben.

1) Eine Notiz davon: S. 320 dieses Bandes.

der Beschaffenheit der polirten Oberfläche bis zu einer sehr geringen Tiefe. Diese Veränderung kann sowohl bleibend als auch nur vorübergehend werden. Befinden sich auf der Oberfläche des Körpers *A* Stellen, für welche der Austausch der Wärme verschieden ist, von dem an andern Stellen, so ist auch die stattfindende Veränderung in der Oberfläche *B* an den correspondirenden Stellen verschieden, und es entsteht hierdurch eine Abbildung von *A* auf *B*. Diese Abbildung kann nun im reflectirten Licht dem Auge unmittelbar sichtbar erscheinen, oder doch durch Condensation von Dämpfen sichtbar gemacht werden, wodurch das Bild gewissermaßen vollendet wird. Denkt man sich den Totalaustausch der Wärme zwischen den beiden Körpern als quantitativ bestimmbar, so muß diese GröÙe in einer gewissen Zeit eine bestimmte Gränze überschreiten, damit überhaupt ein Bild entstehe, und eine zweite Gränze, damit das Bild ohne Condensirung von Dämpfen unmittelbar sichtbar werde. Diese beiden Gränzen können von der Beschaffenheit der beiden Körper *A* und *B* selbst, und von dem Zustand der polirten Oberfläche abhängig seyn. Nennt man diejenigen Bilder, welche erst durch Condensirung von Dämpfen sichtbar werden, Bilder erster Ordnung, und versteht man unter Bilder zweiter Ordnung diejenigen, welche unmittelbar sichtbar hervortreten, so muß man für jede dieser beiden Ordnungen noch gewisse Entwicklungsstufen unterscheiden. Bei den Bildern erster Ordnung, den Moser'schen, hat die Entwicklungsstufe Einfluß auf die Condensation der Dämpfe und auf die Dauerhaftigkeit des Bildes im Allgemeinen; bei den Bildern zweiter Ordnung, meinen Wärmebildern, hängt die Dauer und das Verhalten derselben bei einem Temperaturwechsel, von der Entwicklungsstufe ab. Ist die Entwicklung eines Bildes zweiter Ordnung hinreichend vorgeschritten, so kann dasselbe weder durch Einwirkung des Tageslichts, noch durch ge-

wöhnliche Temperaturwechsel, und auch nicht durch starke Erhitzung zum Verschwinden gebracht werden; es giebt aber eine Entwicklungsstufe, bei welcher eine fortgesetzte Erhitzung das Bild verschwinden macht, eine andere wo durch Erhitzung das Bild zuerst verschwindet, oder doch schwächer wird, und dann wieder hervortritt, und eine andere, wo die Erhitzung die Entwicklung des Bildes nur vollendet.

Im Allgemeinen ergibt sich, daß die Temperatur t der beiden Körper A und B , die sich berühren, oder doch einander sehr nahe sind, auf die Temperatur t' gebracht werden muß, und zwar innerhalb einer gewissen Zeit θ , damit der Austausch der Wärme ein unmittelbar sichtbares Bild hervorbringe. θ und t' sind

nicht ganz unabhängig von einander, wie weit aber mit der Vermehrung von θ und entsprechender Annäherung von t' an t , so wie auch mit der Erniedrigung dieser beider Temperaturen, gegangen werden kann, ist noch zu untersuchen. Zur Erlangung eines Bildes zweiter Ordnung scheint jede Methode anwendbar, bei welcher in einer nicht zu großen und nicht zu geringen Zeit θ beiläufig ein bestimmter Totalaustausch der Wärme stattfindet. Ich habe bis jetzt mit Erfolg fünf verschiedene Methoden angewendet, welche hieraus folgen, und zwar:

1) Die Methode der gemeinschaftlichen Erhitzung. Hierbei war es gleich, ob die Erhitzung durch die polirte Platte zum Körper oder umgekehrt vor sich ging, wenn nur in nicht zu langer Zeit der gehörige Hitzgrad erreicht wurde.

2) Die Methode der Erkältung, die umgekehrte der vorigen. Nach dieser Methode habe ich erst nach manchen vergeblichen Versuchen zwei gute Bilder in der dritten Entwicklungsstufe erhalten, nachdem ich darauf gekommen war, die Abkühlungszeit dadurch zu verkürzen, daß ich die heiße Platte mit den heißen darauf gestellten Körpern auf kalte Eisenstücke legte.

3) Die Methode der Erhitzung und Erkältung. Ich habe mehr als zehn sehr hübsche Bilder von Glas und Jaspis auf Kupfer erhalten, indem ich Platte und Körper zusammen bis auf 60° erwärmte, und wieder auf einander bis zur Temperatur des Zimmers abkühlen ließ. Diese Methode scheint besonders weitere Ausbildung zu verdienen; mit guten Wärmeleitern erhielt ich bis jetzt nach derselben keine guten Bilder.

4) Die Methode der fortgesetzten Erhitzung, indem der heiße Körper auf die heiße Platte gesetzt und mit der Erhitzung fortgefahren wird. Die Dauer der vorläufigen Erhitzung auf der Platte der Lampe war 3 bis 4 Minuten, die Dauer der Berührung 90 bis 20 Secunden.

5) Die Methode hoher Temperaturdifferenzen, indem man den heißen Körper auf die kalte Platte setzt. Die Dauer der Berührung war 8 bis 15 Secunden, die Temperatur des Körpers zwischen der des siedenden Wassers und der wo Stahl anfängt die gelbe Farbe anzunehmen. Dies war die erste Methode, welche ich fand.

Ich zweifle nicht, daß mit Apparaten, welche hierzu besonders eingerichtet sind, man zur Vervollkommenung aller dieser Methoden wird gelangen können. Bis jetzt habe ich nur Abbildungen von Platin, Gold, Silber, Kupfer, Messing, Stahl, Jaspis, Glas, Glimmer, worauf mit Tusche geschrieben war, und von Kupferstichen und Holzschnitten mit etwas starken Conturen, auf weißem oder farbigem Papier abgedrückt, versuchen können. Die gebrauchten polirten Flächen waren Silber, Kupfer, Messing und Stahl, vorzugsweise aber die beiden ersten. Die von mir aufgestellten Sätze dürfen daher auch nur auf die angegebenen Körper und polirten Flächen bezogen werden; wie weit selbige für andere Körper und Oberflächen gelten, ist noch zu untersuchen.

Die Methode No. 1 ist diejenige, welche ich zuletzt fast ausschließlichs angewendet habe, weil ich sie als die sicherste erkannte. Um doch einigermaßen ein beiläuf-

figes Maafs für die Erhitzung zu haben, welche zur Erzeugung eines Bildes zweiter Ordnung nach dieser Methode nöthig ist, nahm ich zwei Tausendgranfläschchen, auf deren ziemlich ebenen Boden das Gewicht der Fläschchen gravirt war. Der Boden hatte beiläufig 19 franz. Lin. Durchmesser und $1\frac{1}{4}$ Linie Dicke. Die Fläschchen wurden mit destillirtem Wasser bei 14° R. gefüllt, auf eine gut polirte Silberplatte gesetzt und auf einer andern Platte über der Berzelius'schen Lampe erbitzt. Es war hinreichend 300 Gran Wasser 1 Minute lang im Sieden zu erhalten, um ein gutes, ganz ausgebildetes Bild der Schrift zu bekommen. Dieser Versuch wurde zwölf Mal auf verschiedenen Platten mit stets gleichem Erfolg wiederholt. Für gute Wärmeleiter von nicht zu geringer Masse erschien aber diese Erhitzung nicht genügend. Auf Kupfer erhielt ich auf dieselbe Weise zwar unzweifelhafte, aber doch nur schlechte Bilder der Fläschchen.

In meinem ersten Aufsatze, den ich an die Academie zu Petersburg sandte, ist unter No. 12 der Satz aufgestellt:

Bedeutende Temperaturdifferenzen bringen in sehr kurzer Zeit eben so gut Abbildungen hervor, als geringe in längerer Zeit; läßt man aber stark erhitze Körper auf dünnen, anfänglich kalten Metallplatten langsam abkühlen, so entstehen meistens nur unbestimmte und schwer erkennbare Bilder, besonders wenn die Körper nicht so lange in Berührung sind, daß ihre Temperatur bis zu der der Umgebung herabsinkt. Stahl bis zur kirschrothen Farbe erhitzt, gab, wenn er $\frac{1}{2}$ Secunde lang mit Silber in Berührung blieb, nur ein sehr unbestimmtes Bild; dauerte die Berührung einige Minuten, so erschien die Abbildung überhaupt sehr zweifelhaft, wie auch in andern Fällen. Wurde die Platte und der abzubildende Körper neben einander möglichst gleichmäfsig erhitzt, dann beide heifs auf einander gesetzt (ohne dabei die Erhitzung fortzusetzen), so erhielten wir selbst in einigen Minuten

kein eigentliches Bild, höchstens war die Stelle zu erkennen, wo der Körper auf der Platte gestanden hatte.

Hier ist von Abbildungen überhaupt die Rede, ohne Unterscheidung zwischen Bildern erster und zweiter Ordnung, das Vorhandenseyn eines Bildes erster Ordnung wurde in den meisten Fällen nur durch Behauchen geprüft. Ich habe bis jetzt noch nichts diesem Satze Widersprechendes gefunden, obgleich ich endlich dahin gelangt bin, nach der Methode No. 2 Bilder zweiter Ordnung zu erhalten. Dafs bei den zahlreichen Versuchen, auf welche der Satz No. 12 meiner ersten Abhandlung gegründet ist, sich nie weder ein unmittelbar sichtbares, noch auch ein gutes Moser'sches Bild zeigte, mufs ich wenigstens bis jetzt noch dem Umstand zuschreiben, dafs in denjenigen Fällen, wo die erhitzten Körper auf die kalten Platten gesetzt wurden, die Abkühlungsgeschwindigkeit anfangs zu ungleichförmig war, und durch die eintretende Erhitzung der Platte das in einer niedern Entwicklungsstufe vielleicht schon entstandene Bild wieder vernichtet wurde, dafs in den andern Fällen die Körper nicht hinlänglich lange mit einander in Berührung blieben, in allen Fällen aber die Abkühlung nur langsam vor sich ging. In Bezug auf die vierte Methode erlaube ich mir einen besondern Versuch umständlicher zu beschreiben.

Ein Stahlstempel, welcher beiläufig 13 franz. Linien Durchmesser und 4 Linien Dicke hatte, wurde auf der Platte der Lampe 3 Minuten lang erhitzt, hierauf eine mit Silber plattirte Kupferplatte neben ihn gelegt und noch 1 Minute lang mit der Erhitzung fortgefahren; dann wurde der Stempel auf die polirte Silberfläche der Platte gesetzt und noch 1 Minute mit der Erhitzung fortgefahren; es zeigte sich ein vollkommenes Bild; der Stempel wurde sogleich auf eine andere Stelle der Platte gesetzt und 50 Secunden in Berührung gelassen, dann eben so 40", dann 30" und endlich 20", während immer mit der Er-

Erhitzung fortgefahren wurde. Die Bilder gelangen in jedem Falle, bei 20° aber nur schwach und offenbar noch nicht ganz ausgebildet. Der Versuch gelang auf gleiche Weise nach einander auf drei Platten, auf einer vierten aber durchaus nicht. Um zu untersuchen, ob dieß an der Platte oder am Stempel liege, ließ ich beide nur erkalten, ohne sonst etwas daran zu thun, und versuchte auf der Platte ein Bild von einem der oben erwähnten Fläschchen nach der früher angegebenen Weise zu erhalten, was vollkommen gelang. Hieraus schloß ich, daß das Mißlingen des früheren Versuchs am Stempel liege. Um mich aber davon zu überzeugen, nahm ich eine fünfte Platte und wiederholte den Versuch mit dem unveränderten Stempel; er gelang vollkommen, wie früher auf den drei ersten Platten, das frühere Mißlingen konnte also auch nicht am Stempel liegen. Jetzt rieb ich die vierte Platte stark mit Baumwolle und trockenem Tripel ab, und wiederholte den Versuch; er gelang nicht. Nun schliß ich die Platte stark mit Oel und verdünnter Salpetersäure, und wiederholte den Versuch; die Bilder gelangen, aber erst nach einer Berührungszeit von 1½ Minute.

Nach der fünften Methode habe ich einige siebenzig Bilder auf Silber, Kupfer und Messing erhalten; jedoch gelangen mir die Bilder nicht immer, und ich habe bis jetzt noch nicht dahin gelangen können, die Ursachen des öfteren Mißlingens aufzufinden. Verfertigt man Abbildungen von gravirten Metallplatten, oder geschnittenen Steinen und Glas, so zeigen sich im Bilde in der Regel diejenigen Stellen der polirten Oberfläche am stärksten, oder wenigstens am auffallendsten, verändert, wo das Original vertieft war; Bilder, wo dieß Verhältniß umgekehrt erschien, habe ich vorläufig negative Bilder genannt. Solche negative Bilder zeigten sich öfter bei Anwendung der fünften Methode.

Daß die Entstehung eines Bildes zweiter Ordnung

nicht eine Folge von fremdartigen Substanzen seyn kann, welche an der Oberfläche der abzubildenden Körper adhären, oder in den Vertiefungen derselben etwa zurückgeblieben sind, folgt schon daraus, daß eine große Anzahl ganz verschiedenartiger Körper solche Bilder gaben. Wo sich eine Abhäsion fremder Substanzen vermuthen liefs, wie bei Münzen und Pettschaften, wurden die Körper stets sorgfältig gereinigt mit Spiritus oder schwachen Säuren, dann mit Baumwolle und Trippel, und zuletzt noch stark erhitzt. Die gravirten Kupferplatten oxydiren sich leicht ungleich bei den Versuchen, und sie müssen dann gereinigt werden, um besonders auf Kupfer gute Bilder mit reinem Grunde zu erhalten; diese Reinigung geschah meistens mit Oel oder sehr verdünnter Salpetersäure. Hierbei hat es nun wohl geschehen können, daß bei einigen Versuchen die Vertiefungen nicht ganz frei von Oel oder Säure waren; ich habe mich jedoch durch vielfache Versuche überzeugt, daß die Bilder eben so gut, wenn nicht sogar noch besser, gelangen, und auf Kupfer ebenfalls verschiedenes Farbenspiel zeigten, wenn die abzubildende Platte nach mehrmaliger starker Erhitzung und erfolgter Oxydation nur mit trockenem Polirpapier abgerieben wurde. Stellen, welche sich entweder gar nicht, oder doch nur schwach abbildeten, so lange sie eben so blank als der Grund der Platte erschienen, traten im Bilde stärker hervor, wenn sie oxydirt, der Grund der Platte aber rein war. Ich habe nicht mit Sicherheit beobachtet, daß es auf die Erzeugung des Bildes von Einfluß sey, ob die polirten Flächen nur mit Oel, oder auch mit Säuren behandelt waren; daß aber die Behandlung der Körper mit Säuren auf die Färbung des Bildes Einfluß haben könne, schloß ich aus folgendem Versuch, der mir indessen nicht wieder gelingen wollte. Eine sorgfältig gereinigte gravirte Kupferplatte wurde mit Salzsäure gewaschen, welche mit 16 Th. Wasser verdünnt war, dann mit Baum-

wolle und Trippel leicht getrocknet, und sogleich ein Bild auf Kupfer gefertigt; dasselbe war nach 5 Minuten vollkommen gebildet, mit weislicher, fast emailleartiger Farbe auf kupferrothem Grund, eine Färbung, die sich bei andern Versuchen auf Kupfer nie zeigte.

In eine Messingplatte waren in drei Reihen unter einander verschiedene Worte geschnitten, die Buchstaben der einen Reihe wurden mit Tusche, die der andern mit Druckerschwärze geschwärzt, die dritte aber mit einem Brei von Trippel und destillirtem Wasser gefüllt, und die Platte stark erhitzt. Hernach wurden mehrere Bilder dieser Platte auf Silber gebildet, bei welchen alle Zeilen vollkommen sichtbar wurden; die mit Trippel gefüllten schienen sich sogar besser abzubilden als die andern. Auf polirten Kupferplatten habe ich bis jetzt noch keine so guten Abbildungen erhalten als von Kupfer, Stahl und Jaspis.

Dafs niedrige Temperaturen der Erzeugung Moser'scher Bilder nicht günstig sind, dafür spricht folgender mehrere Male wiederholter Versuch. An einigen Tagen, wo die Kälte im Freien zwischen -18° und -23° R. betrug, wurde eine gravirte und eine andere polirte Kupferplatte einige Stunden im Freien gelassen, dann auf einander gelegt; nachdem sie so noch 6, 12 und 20 Stunden in der Kälte geblieben waren, liefs sich durch Condensirung von Joddämpfen kein Bild erkennen, während andere Platten, welche im Zimmer bei ungefähr 15° R. auf einander gelegt, und erst dann in das Freie gebracht wurden, in derselben Zeit Bilder gaben, die schon durch den Hauch leicht erkennbar waren. Diese letzten Versuche erschienen mir zugleich als eine theilweise Bestätigung derjenigen, auf welche der Satz No. 14 meiner ersten Abhandlung gegründet wurde. Dieser Satz lautet folgendermassen:

Bei der constanten Temperatur 0° R., sowohl der Platten als der abzubildenden Körper, geschieht die

Abbildung nur schwierig, und erscheint uns sogar zweifelhaft.

Die Versuche, auf welche dieser Satz gegründet wurde, waren in einem Calorimeter angestellt; die Berührungsdauer war gewöhnlich 2 Stunden, bei einigen auch 8 bis 9 Stunden. Die angewendeten Körper waren solche, die mir bei der gewöhnlichen Temperatur des Zimmers in weit kürzerer Zeit stets Bilder gegeben hatten. In Bezug auf diese Versuche machte ich früher die Bemerkung:

Wenn sich aber auch noch zeigen sollte, daß unsere Versuche im Calorimeter in Folge irgend welcher Umstände unrichtig wurden, wenn sich auch mit vollkommener Sicherheit ergeben sollte, daß bei ganz gleichen constanten Temperaturen wirklich Bilder entstehen, so wäre dieß noch immer kein Beweis für die Nothwendigkeit der Annahme eines dunkeln Lichts in Prof. Moser's Sinn, indem man diese Erscheinung eben so gut als einen Beweis der Hypothese Prevost's, über das bewegliche Gleichgewicht der Wärme würde ansehen können. Deshalb sind wir auch keineswegs der Meinung, daß bei vollkommen gleichen und constanten Temperaturen sich keine Bilder erzeugen werden, sondern halten nur dafür, daß unter solchen Umständen eine weit kürzere und von der Temperatur selbst abhängige Zeit zur Erzeugung eines Bildes erforderlich ist, als in andern Fällen. — Die neueren von mir angestellten Versuche bestätigen nun zwar diese Meinung nicht geradezu, sprechen aber doch wenigstens theilweise für die Richtigkeit derselben.

Gewiß wird sich mit der Zeit noch zeigen, daß manche von mir beobachtete Thatsachen aus einem andern Gesichtspunkt betrachtet werden müssen, als ich es gethan habe, weshalb ich denn auch keineswegs behaupten will, daß ein dunkles Licht nicht existire; bis jetzt halte ich aber dasselbe mit der in vielen Beziehungen wohl nicht hinreichend erforschten Wärme für iden-

tisch. Ich zweifle nicht, daß man mit der Zeit dahin gelangen wird, durch geeignete Concentrirung von Wärmestrahlen, selbst im Dunkeln, von entfernten Körpern Bilder zu erhalten, die den Daguerre'schen ähnlich sind. Diese Bilder müssen aber Licht und Schatten ganz anders zeigen, als Heliographien, und ich habe in meiner ersten Abhandlung schon darauf aufmerksam gemacht, daß in den Thermographien sich besonders nur die Ränder darstellen, wellenförmige Vertiefungen aber, wenn sie auch dem Auge noch so deutlich erscheinen, sich nicht im Bilde darstellen, wenn der Austausch der Wärme durch die wellenförmige Gestaltung nicht hinreichend modificirt wird.

Ueber die Resultate, welche die Thermographie für die Erweiterung der Physik gewähren kann, hege ich vielleicht etwas zu kühne Hoffnungen; jedenfalls öffnet dieselbe ein ganz neues Feld der Erscheinungen, und es kann wohl nicht fehlen, daß man durch dieselbe, wenigstens mittelbar, zu neuen Kenntnissen über den Austausch der Wärme zwischen den Körpern, über die Leitung und über den Molecularzustand der Körper an ihrer Oberfläche, gelangen wird. Hierbei sind wohl besonders die verschiedenen Entwicklungsstufen der Bilder in's Auge zu fassen und genauer zu erforschen. Auch die verschiedenen Färbungen der Bilder auf Kupferplatten und die Farbenwechsel, welche sie bei fortgesetzter Erhitzung zeigen, verdienen gewiß Aufmerksamkeit und schärfere Untersuchung, besonders auch von Seiten der Chemiker. Bei der Menge anderer, mich für den Augenblick mehr anziehender Erscheinungen, habe ich in meiner ersten Abhandlung nur einiges Wenige in dieser Beziehung angedeutet, hoffe aber, daß dies schon hinreichend seyn wird, um die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf diesen Gegenstand zu lenken.

Was die verschiedene Condensation der Dämpfe anbetrifft, so geht schon aus dem im Eingange aufgestell-

ten Satze hervor, dafs ich dieselbe den verschiedenen Entwicklungsstufen der Bilder zuschreibe, überhaupt habe ich mich von der Nothwendigkeit der Annahme eines latenten Lichts zur Erklärung der verschiedenen Dampfcondensation bis jetzt noch nicht überzeugen können.

Dafs die Thermographie technische Anwendung zur Verzierung von Metallarbeiten finden kann, leidet keinen Zweifel. Hr. Gartendirector Magsig zu Pensa, der Vater meines eifrigen Gehülfen bei diesen Versuchen, hat davon schon zur Verzierung eines Jagdgewehrs einen glücklichen Gebrauch zu machen gewußt, und ein hiesiger Studirender hat Thermographien auf einer gut polirten Messerklinge angefertigt.

Physiker, die sich mit diesem Gegenstand beschäftigen, erlaube ich mir noch aufmerksam zu machen auf das Negativwerden mancher Bilder zweiter Ordnung, wenn dieselben längere Zeit warmen Quecksilberdämpfen ausgesetzt bleiben.

Kasan, d. 18. Februar 1843.

V. Beschreibung eines neuen Heliostaten; von J. Th. Silbermann.

*Préparateur de Physique am Conservatoire des Arts et Métiers etc.
in Paris,*

(Aus der vom Hrn. Verf. übersandten: „*Notice sur l'Héliostat.*“.)

Fahrenheit, welcher zuerst um's J. 1700 ein Instrument herstellte, um bei optischen Versuchen von längerer Dauer dem reflectirten Strahl eine feste Richtung zu geben, wandte dabei zwei Spiegel an; allein der durch die doppelte Reflexion verursachte Lichtverlust macht dasselbe unanwendbar in Fällen, wo man viel Licht gebraucht. Man hat daher gesucht, den einen Spiegel fortzulassen, und dies that S'Gravesande, indem er ein

anderes Bewegungsprincip anwandte. Sein schwer zu handhabendes Instrument wurde verbessert zuerst von Charles, welcher es durch seinen Steller (*positeur*) bequemer machte, dann von Malus, welcher einige Veränderungen anbrachte, um die Abweichung des vom Spiegel reflectirten Strahls zu verringern.

Endlich construirte Hr. Gambey einen Heliostat, welcher nicht nur, wie alle unter seiner Leitung angefertigten Instrumente, von sehr vollkommener Arbeit war, sondern auch durch das dabei befolgte neue Princip größere Bequemlichkeit als das S'Gravesande'sche darbietet, indem dabei die zu letzterem erforderlichen Rechnungen oder Zeichnungen fortfielen ¹).

Alle diese Instrumente sind indess schwierig in den Meridian des Orts einzustellen, den man vorher kennen muß.

Mit Beibehaltung der den übrigen Instrumenten gemeinsamen Principien der Astronomie, aber sie auf einen anderen Mechanismus übertragend, glaube ich alle Schwierigkeiten der Einstellung, der Rechnung oder der graphischen Darstellung, ohne Einbuße an Genauigkeit, beseitigt zu haben, und überdiess kann mein Spiegel fast alle möglichen Lagen um das Centrum der Figur annehmen, so daß er in jeglicher Richtung einen festen reflectirten Strahl fortzusenden vermag.

Bei allen Heliostaten wird der Spiegel durch einen Uhrzeiger fortgeführt, dessen Axe parallel ist der Weltaxe. Dieser Zeiger folgt der täglichen Bewegung der Sonne, macht also wie diese in 24 Stunden einen Umgang. Aus dieser Lage der Zeigeraxe geht hervor, daß das Zifferblatt der Uhr dem Erdäquator parallel, und so gestellt ist, daß der Zeiger mittags und mitternachts genau in der Ebene des Meridians des Ortes liegt.

1) Der Gambey'sche Heliostat findet sich beschrieben in diesen Annalen, Bd. XVII (S. 71), wo auch (S. 87) die Principien des S'Gravesande'schen Instruments auseinandergesetzt sind. P.

Die Heliostaten weichen von einander ab durch die Art, wie die Bewegung des Zeigers auf den Spiegel übertragen wird, und durch verschiedene Anwendung der durch den scheinbaren Gang der Sonne auferlegten mechanischen Bedingungen. Diese Bedingungen sind: 1) der *Stundenwinkel*, d. h. der Winkel zwischen dem Meridian des Orts und einer Ebene, die durch die Erdaxe und den Mittelpunkt der Sonne gelegt ist, 2) der *Polarwinkel* der Sonne, d. h. der Winkel, welchen die Richtung zur Sonne mit der Erdaxe macht.

Mein Heliostat besteht also nothwendig aus einer Uhr H (Fig. 4 u. 7 Taf. III), deren Axe QQ' und deren Zifferblatt CC' , wie zuvor gesagt, eingestellt werden können. Zu dem Ende ruht sie auf einer horizontalen Axe YY' , winkelrecht auf dem Meridian CC' . Diese Axe geht durch den Mittelpunkt Y eines getheilten Quadranten LL' , welcher dazu dient, die Uhr nach der Breite des Orts zu neigen, d. h. die Axe des Zeigers XX' parallel der Erdaxe zu stellen.

Die Verlängerung der Axe des Zeigers trägt zwei concentrische Kreisbogen $I'I''I'''$ und $R'R''R'''$, beweglich um ihren gemeinschaftlichen Durchmesser, der mit der Axe XX' des Zeigers zusammenfällt. Der eine dieser Bogen, $I'I''I'''$, irgendwo an der materiellen Zeigeraxe befestigt, enthält die Sonne I in seiner Ebene.

Die veränderliche Gröfse dieser Bogen hängt von der des Polarwinkels ab, zunächst für den einen $R'R''$ von demjenigen, welchen der reflectirte Strahl ROR' mit der Zeigeraxe XX' macht, und für den andern $I'I''$ von dem, welchen der einfallende Strahl IOI' mit derselben Axe XX' bildet. Dieser, nach der Declination der Sonne an Gröfse verschiedene Bogen, ist an einer Seite in Grade getheilt, die nach I' hin die nördlichen, und nach I''' die südlichen Declinationen der Sonne angeben. Man findet diese Winkel in den astronomischen Ephemeriden für jeden Tag des Jahres angegeben. An

der andern Seite desselben Bogens ist eine Theilung von 5 zu 5 Tagen mit Angabe der mittleren Declination für den Tag oder der für das Jahr bei gleichem Abstand von zwei Schaltjahren. Ich habe die Declinationen von 1842 als Mittel genommen. Die Theilung entspricht den 1., 5., 10., 15., 20. und 25. jeden Monats, angezeigt durch dessen Anfangsbuchstaben und die vorstehenden Datums. Diese Theilung dient nur zur ungefähren Angabe für Versuche ohne Genauigkeit und von kurzer Dauer, wie man sie in Vorlesungen macht. Man braucht nur, um die Größe des Bogens $I' I''$ zu bestimmen, den Kreis in seinem Schlitten zu verschieben, bis die Declination oder das Datum des Tages mit der Ablese oder dem Nonius zusammenfällt. Wir werden sehen, daß man sich selbst dieser beiden Theilungen überheben kann und vielleicht mit Vortheil. Jeder wird dasjenige der drei Mittel wählen, welches ihm am besten zusagt.

Der Bogen $R' R'' R'''$, welcher die Reflexion in seiner Ebene enthalten soll, bedarf keiner Theilung; man dreht ihn um seine Axe $Q Q'$ und verschiebt ihn in seinem Schlitten, je nach der dem reflectirten Strahl zu gebenden Richtung; mittelst seiner beiden Bewegungen, der Verschiebung und der Drehung, richtet man das Bild direct auf den verlangten Ort.

Alsdann werden die beiden Kreisbogen in solcher Lage seyn, daß, wenn man vom freien Ende I' des Declinationskreises eine gerade Linie zu ihrem gemeinschaftlichen Mittelpunkt O führt, d. h. einen Strahl $I' O$ zieht, dieser Strahl verlängert $I' O I$ beständig durch die Sonne geht, weil die Uhr diesen Bogen in Richtung der Bewegung der Sonne in 24 Stunden einen Umgang machen läßt, und zweitens, weil die Linie, welche eben so durch das Ende R' und den gemeinsamen Mittelpunkt O gezogen wird, durch den Punkt R geht, wo sich das reflectirte Sonnenbild befindet.

Wir haben also zwei unterschiedene Strahlen, den

einen OI' , der beständig in der Verlängerung des einfallenden Strahls IOI' ist und durch das Centrum O geht, und den andern OR' , der in der Verlängerung des reflectirten Strahls ROR' liegt, und ebenfalls durch das gemeinsame Centrum O beider Bogen geht. In diesem gemeinsamen Centrum treffen sich der einfallende Strahl, der reflectirte Strahl und die Axe des Zeigers; auch ist es zugleich die Mitte der Figur des Spiegels M .

Um einzusehen, wie der Spiegel mit diesen beiden Strahlen verknüpft ist, wollen wir zuvörderst diese beiden Strahlen oder geraden Linien IOI' , ROR' betrachten (Fig. 5 Taf. III).

Zwei sich schneidende Linien liegen immer in Einer Ebene; diess liegt in der geometrischen Definition einer Ebene. Da ferner die beiden Richtungen II' , RR' respective die des einfallenden und des reflectirten Strahles sind und in dieser Ebene liegen, so wird dieselbe immer diejenige seyn, in welcher die Incidenz und die Reflexion geschehen.

Zieht man nun in dieser Ebene eine gerade Linie, die den Winkel zwischen dem einfallenden und dem reflectirten Strahl halbirt, so haben wir die Normale auf dem reflectirenden Spiegel (Fig. 6 Taf. III).

Diess gesetzt, bezeichne man in gleichem Abstand vom Durchschnittspunkt O dieser Linien zwei Punkte d und d' , einen auf dem einfallenden Strahl, den andern auf dem reflectirten, oder auch auf deren Verlängerung $d''d'''$ oder selbst seitwärts dd''' , $d'd''$, und ziehe durch jeden Punkt eine dem anderen Strahl parallele Linie; dann hat man zwei Linien, die ein Parallelogramm $OdDd'$ oder $Od''D'd'''$ oder $Od'M'd'''$ oder $OdMd''$ abschließen. Zieht man nun durch den Durchschnittspunkt dieser beiden Linien n , n' , M oder M' , die Diagonale des Parallelogramms, so halbirt sie den von diesen beiden Strahlen gebildeten Winkel; sie wird also die Normale der reflectirenden Fläche, oder diese Flä-

che selber seyn. Es ist gleich, welchen Winkel unsere beiden Richtungen mit einander machen: immer wird das Parallelogramm gebildet, und immer wird die eine seiner Diagonalen jenen Winkel halbiren, d. h. immer wird der Spiegel MM' so gestellt seyn, daß er den Reflexionserscheinungen, die in der Ebene dieses Parallelogrammes vorgehen, genügt. Diese Bedingung des Parallelogrammes ist in meinem Instrumente angewandt, nur ziehe ich vor, statt das Parallelogramm auf besagte Weise zu vollenden, zwei gleiche Seiten länger als die des Parallelogrammes zu nehmen, was indeß an der Richtung der Normale gegen die beiden Strahlen nichts ändert und die Ausführung jener Bedingung erleichtert.

Es ist sehr leicht, diese geometrische Bedingung durch einen Mechanismus zu verwirklichen. Allein da der Mittelpunkt des Spiegels auch diesen gemeinsamen Mittelpunkt einnehmen muß, so hat man ein Stück des Strahls zu spalten (*bifurquer*), um den Spiegel zwischen zwei Gabeln mit einem Scharniere zu halten, dessen Axe immer auf jeden der beiden Strahlen winkelrecht ist, und auch durch das gemeinsame Centrum O geht.

Nach dieser gewissermaßen geometrischen Auseinandersetzung des Apparats wollen wir den Mechanismus desselben näher beschreiben.

Nähere Beschreibung des Heliostaten.

Die Bestandtheile des Heliostaten sind:

1) Ein horizontaler Dreifuß $VV'V''$, versehen mit Stellschrauben $vv'v''$. In seiner Mitte dreht sich eine horizontale Scheibe AA , auf welcher eine Libelle $a'a''$ und zwei Ständer PP' , die die Uhr H und den Spiegel tragen. Diese Scheibe kann in ein beliebiges Azimuth gestellt, und darin mittelst der auf einem Zweig des Dreifußes befindlichen Klemmschraube befestigt werden. Mittelst der Drehung dieser Scheibe und der darauf be-

findlichen Libelle stellt man das Instrument vollkommen horizontal.

2) Die Uhr ist aufgehängt und zwischen den senkrechten Stützen PP' drehbar um ihre der unteren horizontalen Scheibe immer parallelen Axe YY' . Der Kreisbogen LL' dient zur Festhaltung der Uhr, und ist in Grade getheilt, deren Nullpunkt in L , auf dem dem Zifferblatt parallelen Radius liegt, so daß der Punkt 90° sich auf dem Radius befindet, welcher der Axe der Uhr, oder der Axe der den Spiegel tragenden Säule parallel ist. An dem Fuß P befindet sich die Ablese und ein Nonius. Dieser Kreisbogen und Nonius dienen dazu, mittelst des Breitengrades des Beobachtungsorts das Zifferblatt der Uhr dem Aequator parallel zu stellen. Eine Klemmschraube I dient zur Festhaltung dieses Bogens, der an der Uhr sitzt.

Die Uhr schlägt Viertelsecunden. An ihrer unteren Grundfläche bewegen sich zwei Zeiger; der eine macht seinen Umgang in einer Stunde, der andere in 300 Sekunden oder 5 Minuten; auch befindet sich hier die Axe der Feder. Der Zeiger zum Vor- oder Rückstellen ist an der oberen Grundfläche.

3) Die obere Grundfläche der Uhr trägt, wohl befestigt, eine hohle Säule QQ' , und oben auf dieser ein in 24 Stunden getheiltes Zifferblatt, dessen Ebene der unteren Grundfläche der Uhr parallel ist, und auf welchem die Diametrallinie von 6 bis 18, die Stunden 6^h Morgens und 6^h Abends angehend, genau der Horizontalaxe YY' parallel ist.

4) Im Innern der hohlen Säule findet sich eine Axe, die durch ihre Verbindung mit dem Uhrwerk einen Umgang in 24 Stunden macht. Auf dieser Axe und oberhalb des Zifferblatts dreht sich frei oder mit der Axe, je nachdem die Klemme gelöst oder durch ihre Schraube I'' angezogen worden, eine kubische Büchse I' . An dieser Büchse sitzt zuvörderst der Zeiger oder Nonius c , der

die Stunde angiebt, und dann der Declinationskreis $I' I'' I'''$, welcher durch die Theilung an einer seiner Seiten die mittlere Declination von fünf zu fünf Tagen angiebt. Ich habe die von 1842 genommen. An seiner andern Seite findet sich die Gradtheilung, rechts und links vom Nullpunkt des Nonius auslaufend. Die Correspondenz des Nullpunkts des Nonius und der Theilung ist von der Lage ausgenommen, wo die Axe I' der von ihm getragenen Gabel vollkommen der Grundfläche der Uhr parallel ist.

5) Um die an der Uhr befestigte Axe oder Säule bewegt sich eine Hülse $Q Q'$, die unten bei Q' einen Kreis trägt, mittelst dessen und einer Klemmschraube r' die Hülse in einer bestimmten Stellung festgehalten werden kann. Am oberen Theil und unter dem Zifferblatt ist ein Kubus R'' befestigt, der als Büchse für einen starken Kreisbogen $R' R'' R'''$ dient, welcher, in Richtung des reflectirten Strahls, den andern Stiel R' des Spiegels trägt. Dieser Kreisbogen kann in der Büchse R'' verschoben oder darin mittelst einer Druckschraube r festgehalten werden. Durch diese beiden Bewegungen kann der reflectirte Strahl nach allen Punkten der Kugelfläche gesandt werden, deren Mittelpunkt mit dem des Spiegels zusammenfällt.

6) Endlich zwei Gabeln $S' I' S$ und $SR' S'$ verbunden durch ein Scharnier, nach einer Richtung SS' , welche, im Niveau der Spiegelfläche, durch das Centrum derselben geht, und in diesem Punkt sowohl die Axe der Stiele $I' O$, $R' O$ beider Gabeln, auf welchen sie immer winkelrecht ist, als auch die Drehaxe XX' des Uhrzeigers schneidet.

Der Spiegel M dreht sich um die Axe SS' des Scharniers der Gabeln, wo er seitwärts befestigt ist an einem starken Stab, welcher eine Fuge NS senkrecht auf der Spiegelfläche enthält. In dieser Fuge gleitet genau passend ein Stift D , welcher zugleich als Scharnier für zwei

schiefe gleich lange Leisten dD , $d'D$ dient, die ebenfalls an dem Scharniere SS' der Gabeln, in vollkommen gleichen Abstand von dessen Axe, befestigt sind, um das zuvor beschriebene Parallelogramm zu bilden.

Endlich sitzt an einer Seite IS der Einfalls-Gabel $S'I'S$ ein kleines Fernrohr oder ein Sucher TT' , dessen optische Axe parallel ist der Drehaxe ihres Stiels I oder des einfallenden Strahls. Während des Versuchs ist das Fernrohr immer auf die Sonne gerichtet. Die feste Gabel, d. h. die Reflexionsgabel $SR'S'$ hat keinen Visirer; als solcher dient das Sonnenbild selbst, das auf den verlangten Punkt gerichtet wird; dieß Bild ist immer in der Ebene des Kreises $R'R''$.

Gebrauch des Heliostaten.

Zuvörderst zieht man die Uhr auf und setzt sie dadurch in Gang, daß man sie in horizontaler Ebene rasch hin und her dreht, wie man es, zu gleichem Zweck, mit den Chronometern und Schiffsuhren, und zuweilen mit den gewöhnlichen Uhren zu thun genöthigt ist. Zur Regulirung des Ganges dient der Zeiger auf dem kleinen Zifferblatt; er wird gegen A gerückt, wenn sie zurückbleibt, gegen R , wenn sie vorausläuft.

Wagrechtstellung (Calage). Man löst zuvörderst, um die Uhr und die den Spiegel tragende Säule senkrecht zu stellen, die Klemmschraube l , welche den Breiten-Quadranten LL' hält, dann zieht man die Schraube l wieder an; nun ist das Instrument leichter wagrecht gestellt.

Man stellt das Niveau seiner Länge nach parallel der Geraden, welche zwei der Stellschrauben, z. B. V' und V'' verbindet, indem man die horizontale Scheibe AA' löst, zweckmäfsig dreht und mittelst der Klemmschraube a wieder feststellt. Um das Wagrichten zu erleichtern, ist die Scheibe durch zwei unter sich winkelfrechte Durchmesser in vier gleiche Theile getheilt. Man

läßt das eine Ende des auf dem Niveau winkelrechten Durchmessers zusammenfallen mit dem Strich, der auf der Klemme der Druckschraube gemacht ist. Man schraubt alsdann die eine oder die andere der Stellschrauben auf oder ab, bis die Luftblase sehr genau die Mitte des Niveaus einnimmt. Hierauf dreht man die Scheibe um einen Quadranten; dadurch kommt das Niveau in winkelrechte Lage gegen die frühere oder in die Richtung der dritten Stellschraube V ; je nach der Lage der Luftblase, dreht man nun diese Schraube vor- oder rückwärts, bis die Blase wieder in der Mitte der Theilung steht. Man thut wohl, dieselben Operationen sogleich mit einer Drehung des Niveaus um 180° gegen seine früheren Lagen zu wiederholen, um sich zu versichern, ob das Niveau genau parallel mit der Scheibe sey. Fände es sich, daß die Luftblase, nach dem Drehen des Niveaus um 180° , nicht auf denselben Punkt zurückkäme, es also falsch gestellt wäre, so müßte man den Unterschied halbiren, indem man die Schraube, die emporzuschrauben wäre, bloß um die Hälfte des vom Niveau angegebenen Unterschieds in die Höhe schraubte; die andere Hälfte des Fehlers würde berichtigt durch die drei Schrauben, welche das eine Ende des Niveaus halten, und von denen die eine gegen die Scheibe zieht, die beiden seitlichen aber stemmen.

Einstellung in die Breite des Orts. Nachdem der Fuß wohl horizontal gestellt worden, dreht man diejenige Seite des Apparats, welche den an der Uhr befestigten Quadranten trägt, nach Westen, und bringt den Nonius, der an dem einen Ständer der Uhr sitzt, in Coincidenz mit dem Breitengrad des Beobachtungsorts. Das Instrument erhält dann eine Neigung im Sinne der in der Fig. 7 Taf. III. Die Axe der Uhr würde der Erdaxe parallel seyn, wenn die Ebene der Neigung in dem Meridian des Ortes läge. Diese durchaus nothwendige Stellung erhält man sehr leicht auf folgende Weise.

Einstellung in den Meridian. Zu dem Ende löst man die Klemmschraube, welche den oberen Bogen an der Axe der Uhr hält, um diesen Bogen so drehen zu können, daß der Strich auf dem Zeiger in die Stunde der Sonnenuhr kommt, d. h. in die wahre Stunde des Moments der Einstellung. Da die Uhr aufgezogen ist und geht, so schraubt man den Knopf, welcher die Büchse dieses Kreises an die Axe der Uhr hält, wohl fest, und läßt den Kreis von dieser drehen. Man schraubt den Knopf des getheilten Kreises los und verschiebt den Kreis, bis der Index den Tag der Beobachtung an der einen oder andern Theilung angiebt:

1) nämlich mittelst der Grade, die Zahl, welche die astronomischen Ephemeriden für den Tag der Beobachtung nachweisen. Wenn diese Declination nördlich ist, wie im Sommer, so gebraucht man die der Gabelaxe näher liegende Theilung; ist dagegen Winter oder die Declination südlich, so bedient man sich der Theilung am andern Ende des Bogens. Alsdann, da der Zeiger auf der Stunde und der Bogen in der Declination steht, hat man nur noch das Fernrohr gehörig ausziehen, auf die Sonne zu richten, indem man das ganze Instrument mit dem horizontalen Kreise dreht, ohne die Stellschrauben zu rücken, und den Kreis feststellt. *Das Instrument ist nun orientirt* gegen den Meridian des Orts, und überdiß ist auch der einfallende Strahl gerichtet, weil der in der Axe des Fernrohrs diesem Strahle parallel ist.

2) Hat man nicht die wahre Declination, so sucht man auf der Tagestheilung das Datum des Beobachtungstages auf und bringt es unter den Ablesestrich. Da die Tage nur von fünf zu fünf angegeben sind, so theilt man mit dem Auge den Zwischenraum in fünf Theile, und da, vom 25. bis zum 28., 29., 30. oder 31., je nach dem Monate 4, 5, 6 oder 7 Tage bis zum ersten des

fol-

folgenden sind, so nimmt man darauf Rücksicht. Dann ist das Instrument wie zuvor orientirt.

Kennte man endlich weder die Declination noch das Datum des Tages, jedoch die wahre Stunde, so müßte sich, bei jeglicher Declination, die Sonne in der Ebene dieses Bogens befinden; man visirt daher auf sie, indem man gleichzeitig den Bogen und die horizontale Scheibe dreht, und wenn das Fernrohr auf die Sonne gerichtet ist, wird das Instrument *orientirt seyn*. Dieses sehr einfache Mittel ist vielleicht das richtigste.

Man könnte sogar das Instrument einstellen, indem man den Schatten des Endes R''' auf diesen Bogen selber fallen ließe. Ein einziger Strich diene dann für immer zur Coincidenz.

Reflexion des Sonnenbildes. Um den einfallenden Strahl auf die Wand zu werfen, löst man die beiden Klemmschrauben, welche die Hülse und den Reflexions-Kreisbogen halten, und richtet die Axe der Gabel auf den Punkt, auf welchem man den reflectirten Strahl haben will, indem man den Reflexionsbogen, erstlich um seine Hülse oder Axe dreht, und zweitens mehr oder weniger in seiner Büchse verschiebt. Ist das Bild einmal auf den gewünschten Punkt reflectirt, so zieht man die an der Basis der Uhr befindliche Klemmschraube an und darauf die des Bogens. Dann ist der reflectirte Strahl gerichtet, und bleibt in dieser Richtung, da sie sich in der Ebene des Kreises befindet ¹⁾.

1) Zum Schluß bemerkt noch Hr. Silbermann, daß sein Heliostat von dem Optiker Hrn. Soleil (*rue de l'Odéon*) angefertigt werde und der Uhrmacher Hr. Neumann (*rue de Seine-Saint-Germain*) die Uhr dazu liefere.

VI. *Ueber ein neues Verfahren, die zu photographischen Bildern bestimmten Platten zu poliren, welches, so lange die äusseren Umstände gleich bleiben, einerlei Resultate liefert;*

von Hrn. Daguerre.

(Compt. rend. T. XVI p. 588.)

Seit der Veröffentlichung meines Verfahrens habe ich mich nicht viel damit beschäftigen können. Die Untersuchungen, denen ich mich überliefs, haben mich auf eine ganz neue Bahn geführt, und die Versuche, welche sie erfordern, haben mit den früheren nur in sofern Analogie, als sie auch eine Metallplatte erfordern. Indefs sind mir neuerlich die ungleichen Resultate, welche selbst Personen, die sich speciell damit beschäftigen, im Allgemeinen erhielten, dermassen aufgefallen, dafs ich mich entschlofs, Mittel zur Abhülfe dieses grossen Uebelstandes aufzusuchen. Ich schreibe denselben hauptsächlich zweien Ursachen zu.

Die erste entspringt aus der Operation des Polirens, welche physisch unmöglich auszuführen ist, ohne nicht auf der Oberfläche der Platte Spuren von der dabei angewandten Flüssigkeit oder Substanz zurückzulassen. Schon die Baumwolle, die man anwendet, wie sauber sie auch sey, reicht hin, auf dem Silber einen Schleier von Fett zu hinterlassen. Diese erste Ursache ist schon ein grosses Hindernifs zum Gelingen der Bilder, weil sie die photogenische Wirkung verzögert, dadurch, dafs sie das Jod hindert mit dem Silber in unmittelbare Berührung zu kommen.

Die zweite besteht in den Aenderungen der Temperatur der Luft, mit welcher die Platte von den ersten Operationen an bis zum Anquicken in Berührung ist. Man

weist, daß ein kalter Körper, jedesmal wenn er von wärmerer Luft umgeben ist, Feuchtigkeit auf sich verdichtet. Diesem Umstande muß man die Schwierigkeit zuschreiben, die man beim Operiren in einem feuchten Medium erfährt, besonders beim Anquicken, welches, um einen zweckmäßigen Quecksilberdampf zu erhalten, wenigstens eine Wärme von 50° C. verlangt.

Dieser Dampf, welcher anfangs die in dem Apparat enthaltene Luft erwärmt, erzeugt auf dem Metall einen Thau (*buée*), welcher das Bild schwächt. Offenbar ist diese feuchte Schicht sehr schädlich, weil, wenn man z. B. die aus der dunklen Kammer genommene Platte mehrmals anhaucht, der Quecksilberdampf kein Bild auf ihr machen kann.

Das Wasser, welches sich, *selbst bei dem geringsten Temperaturunterschied* zwischen der Oberfläche des Körpers und der umgebenden Luft, verdichtet, enthält gelöst oder schwebend eine nicht flüchtige Substanz, die man *atmosphärischen Schmutz* (*limon atmosphérique*) nennen könnte. Sobald sich nun zwischen der Luft und der Oberfläche des Körpers die Temperatur in Gleichgewicht setzt, verdampft die niedergeschlagene Feuchtigkeit und setzt den in ihr enthaltenen Schmutz auf die Fläche ab, um sich in der Luft mit einer neuen Menge dieser unreinen Substanz zu sättigen.

Um diesen Vorgang möglichst zu schwächen, kann man bei jeder der Operationen die Temperatur der Platte höher halten als die der Luft. Allein es ist nicht möglich, diese Wärme 50° C. erreichen zu lassen, damit sie zu der des Quecksilberdampfs in Beziehung stehe, weil, wenn die Platte, nach der Wirkung des Lichts in der dunklen Kammer, diesem Wärmegrad ausgesetzt wird, das Bild beschädigt wird.

Ich suchte zuvörderst die Feuchtigkeit der Luft in dem Anquick-Kasten durch die gebräuchlichen Mittel, z. B. Kalk etc., zu absorbiren; allein diese Mittel sind

unzureichend und verwickeln den Proceß, ohne großen Erfolg zu gewähren. Ein anderes Mittel, das vorgeschlagen worden, besteht darin, das Quecksilber unter der Luftpumpe zu verdampfen. Durch dies Verfahren vermeidet man allerdings den Thau (*buée*) auf der Platte; allein man entfernt den Luftdruck, der unerläßlich für das Bild ist. Immer fehlte auch den so dargestellten Bildern die Reinheit.

Ich bin bei folgendem Verfahren stehen geblieben, weil es sehr einfach ist, und die beiden vorhin bezeichneten Uebelstände entfernt, d. h. weil es das Silber möglichst von allem Schmutz oder Schlamm befreit und die durch die Temperaturerhöhung in dem Anquick-Kasten bewirkte Feuchtigkeit neutralisirt. Durch den ersten der beiden Effecte erhöht es die Schnelligkeit, und durch den zweiten macht es die Lichter viel weißer (besonders bei Anwendung des von Hrn. Fizeau empfohlenen Chlorgoldes); beide Effecte sind immer sicher. Die Schnelligkeit, welche dieses Verfahren gewährt, verhält sich zu der gewöhnlichen wie 8 : 3. Diefs Verhältniß ist streng.

Diefs Verfahren besteht darin, daß man die Platte, nachdem sie polirt worden, mit einer Schicht sehr reinen Wassers bedeckt, sehr stark mit einer Weingeistlampe erhitzt und hierauf diese Wasserschicht solcher-gestalt abgießt, daß ihr oberer Theil, worin der von ihr aufgenommene Schmutz schwimmt, die Platte nicht berührt.

Verfahrungsweise.

Man verschaffe sich einen Rahmen von Eisendraht mit einer Handhabe an einem seiner Winkel, und zwei kleinen Krampen, an der Mitte zweier gegenüberliegenden Seiten, zum Halten der Platte, wenn man sie neigt. Nachdem man diesen Rahmen auf eine horizontale Ebene gelegt, und auf ihn wiederum die Platte, bedeckt man

diese mit einer Schicht sehr reinen Wassers, mit einer so dicken als die Platte zurückhalten kann. Nun erhitzt man die Platte von unten sehr stark; es bilden sich auf der Oberfläche sehr kleine Blasen, die allmählig größer werden und endlich verschwinden; man fährt mit dem Erhitzen bis zum Sieden fort, und läßt dann das Wasser ablaufen. Dabei fängt man an die Lampe unter denjenigen Winkel des Rahmens zu bringen, an dem sich die Handhabe befindet; allein ehe man den Rahmen fortnimmt, muß man diesen Winkel sehr lebhaft erhitzen, und dann, indem man ihn mit der Handhabe sehr wenig hebt, beginnt das Wasser sogleich sich zurückzuziehen. Man muß es so einrichten, daß die Lampe, unter der Platte, der Wasserschicht in ihrem Gange folgt, und nur nach und nach neigen und gerade so viel, daß die Wasserschicht bei ihrem Rückzug nichts von ihrer Dicke verliert; denn wenn das Wasser austrocknete, blieben einzelne Tropfen zurück, die, da sie nicht fließen können, Flecken beim Eintrocknen machen würden, weil sie den in ihnen enthaltenen Schlamm auf dem Silber zurücklassen. Hierauf darf man die Platte nicht mehr reiben, da recht reines Wasser die Politur nicht zerstört.

Man muß diese Operation nicht eher vornehmen als kurz vor der Jodirung der Platte. Während sie noch heiß ist, legt man sie in den Jodirkasten, und ohne sie erkalten zu lassen, unterwirft man sie dem Dampfe beschleunigender Substanzen. Die so zubereiteten Platten kann man ein oder zwei Tage aufbewahren (obgleich die Empfindlichkeit etwas abnimmt), sobald man mehre so zubereitete Platten in sehr kleinem Abstände einander zugewandt aufstellt, sorgfältig eingehüllt, um die Erneuerung der Luft zwischen den Platten zu verhüten.

Bemerkung über das Poliren der Platten.

Man kann nicht genug empfehlen, die Platten wohl zu poliren. Das ist einer der wichtigsten Punkte zur Erlangung großer Feinheit in den Bildern. Allein die Reinheit verschwindet bisweilen, sobald man sich Substanzen bedient, die stark an der Oberfläche des Silbers haften. Dies ist der Fall mit dem Eisenoxyd (englisch Roth), dessen man sich gemeinlich bedient, um die letzte Politur zu geben. Zwar scheint diese Substanz das Silber zu bräunen (*brunir*) und demselben eine vollkommnere Politur zu geben; allein diese Politur ist erkünstelt, weil sie wirklich nicht auf dem Silber vorhanden ist, sondern vielmehr auf einer sehr dünnen Schicht von Eisenoxyd. Aus diesem Grunde muß man zum Poliren eine Substanz nehmen, die nicht am Silber haftet. Der von mir empfohlene Bimstein läßt weniger Rückstand.

Was die anzuwendende Flüssigkeit betrifft, so kann man zu den ersten Operationen Salpetersäure von *fünf* Graden (Baumé?) nehmen, wie ich ursprünglich angab; allein zu den letzteren darf man sich nur einer Säure von *einem* Grad bedienen.

Das Poliren mit Oel und das Erwärmen können fortgelassen werden.

Ich benutze diese Gelegenheit, um der Academie folgende Beobachtungen mitzutheilen.

Die durch *niedersteigende* Dämpfe von Jod und beschleunigenden Substanzen erzeugte Schicht bildet mit Silber eine empfindlichere Verbindung als man mit *aufsteigenden* Dämpfen erhält. Ich mache diese Bemerkung nur, um eine Thatsache zu constatiren, denn es wäre schwierig niedersteigende Dämpfe anzuwenden, wegen des Staubes, der während der Operation herabfallen und Flecken machen könnte.

Jedermann kann den Widerstand bemerken, den

das Licht beim Durchgang durch weisses Fensterglas erleidet. Dieser Widerstand ist gröfser als er erscheint, und mufs nicht nur dem Schmutz zugeschrieben werden, den man beim Reinigen auf den Fenstern zurückläfst, sondern auch dem, der sich natürlich darauf absetzt. Das Objectiv der dunklen Kammer ist sicherlich in demselben Fall. Um mich davon zu versichern, brachte ich das Objectiv in kaltes Wasser und erhitzte dieses zum Sieden. Ich wufste wohl, dafs es unmöglich sey, dasselbe herauszuziehen, ohne dafs sich die in demselben schwimmende Schmutzschicht an beiden Seiten absetze. Diese Operation hatte also keinen anderen Zweck, als die Temperatur des Glases bis 100° zu steigern; und dann gofs ich unmittelbar auf beide Seiten des Objectivs recht reines siedendes Wasser, um den Schmutz fortzuschwemmen. Mit einem so gesäuberten Objectiv operirend, habe ich die Schnelligkeit noch vermehrt. Diefs Mittel hat indess in der Praxis zu viel Schwierigkeit; nur mufs man das Objectiv alle Tage sorgfältig abwischen.

Dieser atmosphärische Schmutz (*limon atmosphérique*), welcher die Geißel der photogenischen Bilder ist, ist andererseits die Seele der Bilder, die man beim Contact oder bei sehr kleinem Abstände erhält. Um sich davon zu überzeugen braucht man nur die beiden Körper, die man in Contact setzen will, auf angezeigte Weise mit siedendem Wasser zu behandeln und sie beide in gleicher Temperatur wie die der Luft zu halten. Man erhält alsdann kein Abbild, und diefs beweist einleuchtend, dafs diese Bilder keine Beziehung zu der Strahlung haben, welche die photogenischen Bilder erzeugt.

Uebrigens habe ich den Unterschied, der zwischen diesen Bildern herrscht, schon seit sehr lange bemerkt, wie aus der von mir dem Verfahren des Hrn. Niépce hinzugefügten Note (p. 44 meiner 1839 veröffentlichten Brochüre) ersichtlich ist.

VII. Ueber die zur Erzeugung der Moser'schen Bilder beitragenden Ursachen;

von Hrn. Fizeau.

(Aus einem Briefe an Hrn. Arago (Nov. 1842). — *Compt. rend.*
T. XV p. 896.)

— Seit meiner Rückkehr bin ich emsig mit den von Hrn. Moser beobachteten sonderbaren Erscheinungen beschäftigt, und ich hoffe nächstens die Ehre haben zu können, der Academie darüber eine Arbeit mitzutheilen.

Die bisher von mir gemachten Versuche haben meistens die angegebenen Thatsachen bestätigt; allein ich muß sagen, daß mich alle zu einer von der Moser'schen ganz abweichenden Ansicht geführt haben.

Weit entfernt zu glauben, daß man neue, von allen Körpern, selbst in der Dunkelheit, ausgehende und bei ihrer Aussendung ganz besonderen Gesetzen unterworfenen Strahlungen annehmen müsse, bin ich überzeugt, daß man zur Erklärung dieser Erscheinungen keine Art von Strahlungen anzusprechen braucht, sondern sie vielmehr auf folgende bekannte Thatsachen zurückführen muß.

1) Die meisten Körper, mit denen wir operiren, sind auf ihrer Oberfläche mit einer Schicht von organischer Substanz bedeckt, einer den fetten Körpern analogen und flüchtigen oder wenigstens vom Wasserdampf fortnehmbaren.

2) Läßt man einen Dampf auf einer polirten Fläche sich verdichten, und sind die verschiedenen Theile dieser Fläche ungleich mit fremdartigen Körpern beschmutzt, selbst in äußerst geringer Menge, so geschieht die Verdichtung an den verschiedenen Theilen dieser Fläche sichtlich ungleich.

Wenn man also eine polirte und reine Fläche in Berührung mit, oder in eine kleine Entfernung von irgend einem Körper mit unebener Oberfläche bringt, so wird ein Theil der flüchtigen organischen Substanz, mit welcher diese letztere Fläche überzogen ist, verdichtet durch die polirte Fläche, in deren Nähe sie sich befindet; und da ich vorausgesetzt, daß der Körper Unebenheiten, erhobene und vertiefte Theile, besitze, d. h. die verschiedenen Theile desselben ungleichen Abstand von der polirten Fläche haben, so erfolgt daraus ein ungleicher Uebertrag der organischen Substanz auf die verschiedenen Punkte dieser Fläche. An den Punkten, die den Erhabenheiten des Körpers entsprechen, wird die polirte Fläche mehr, an den den Vertiefungen entsprechenden weniger empfangen. Daraus erfolgt eine Art Bild, aber gewöhnlich ein unsichtbares. Läßt man dann einen Dampf an dieser polirten Fläche sich verdichten, so sieht man, daß er sich unter den oben erwähnten Umständen befindet, daß also die Verdichtung an den verschiedenen Punkten auf eine sichtbar ungleiche Weise vor sich gehen wird, d. h. daß das unsichtbare Bild sichtbar wird.

Dies ist im Kurzen die Idee, die meine Versuche über die neuen, von Hrn. Moser beobachteten Erscheinungen mich haben fassen lassen. Aus diesem Gesichtspunkt bietet das Studium derselben ohne Zweifel weniger Interesse als aus dem des Königsberger Physikers; allein die sonderbare Rolle, die diese auf der Oberfläche fast aller Körper anzutreffende organische Substanz hier zu spielen scheint, kann einige Aufschlüsse über die noch so wenig bekannte Natur und Beschaffenheit derselben hoffen lassen.

VIII. *Untersuchungen über die Entstehung der Moser'schen Bilder; von Hrn. H. Fizeau.*

(*Compt. rendu, T. XVI p. 397. — 13. Febr. 1843.*)

In einem der Academie in ihrer Sitzung am 7. Nov. 1842 mitgetheilten Briefe habe ich von Versuchen über die von Hrn. Moser beobachteten Erscheinungen gesprochen, d. h. von der Entstehung der Bilder, welche sich auf einer polirten Fläche zeigen, wenn Körper in große Nähe dieser Fläche gebracht werden. Diese Versuche hatten mich, der Meinung des Hrn. Moser zuwider, darauf geführt, die neuen Thatsachen als jeder Art von Strahlung fremd zu betrachten, und sie auf das wohl erwiesene Daseyn fester und flüchtiger Substanzen zu beziehen, mit welchen die meisten Körper auf ihrer Oberfläche beschmutzt sind.

Da die von mir der Academie angekündigte Arbeit noch nicht vollendet ist, so will ich versuchen, die Hauptthatsachen anzugeben, auf welche sich meine Erklärung stützt.

1) Die Eigenschaft, Bilder zu geben auf einer polirten Fläche ist in den Körpern nicht permanent; versucht man mit einem selben Körper successive eine große Zahl von Bildern darzustellen, so sieht man, daß sein Vermögen dazu allmählig schwächer, und nach einer gewissen Zahl von Proben, die nach der Natur, besonders aber nach der Textur des Körpers verschieden ist, fast Null wird. Compacte Körper, wie Metalle, verlieren diese Eigenschaft rasch, poröse dagegen bewahren sie auf eine merkwürdige Art.

2) Wenn die Eigenschaft, Bilder zu erzeugen, bei einem Körper verloren oder geschwächt ist, giebt man sie ihm augenblicklich wieder, wenn man die Finger über seine Oberfläche führt, oder diese selbe Fläche mit den

Haaren eines lebenden Thieres, die bekanntlich immer mit den unter dem Namen *Schweifs* bekannten organischen Substanzen imprägnirt sind, reibt.

3) Wenn man die Temperatur des bildergebenden Körpers erhöht, ohne die der polirten Fläche zu verändern, so erzeugt sich das Bild in sehr kurzer Zeit.

4) Wenn eine polirte Fläche das Bild eines Körpers empfangen hat, so ist diese nämliche Fläche ihrerseits fähig, auf einer zweiten ihr sehr nahe gebrachten polirten Fläche ein Bild hervorzubringen, welches man *secundär* nennen kann, und welches selbst ein tertiäres erzeugen könnte, wenn nicht die Schärfe des Eindrucks sehr rasch bei diesen folgweisen Uebertragungen abnähme.

5) Wenn ich zwischen den bildgebenden Körper und die polirte Fläche ein sehr dünnes Glimmerblättchen einschalte, finde ich beständig keine Wirkung. Unter gewissen Umständen erhält man zwar auf diese Weise Bilder, die man indess nicht verwechseln muß mit denen, welche leuchtende Körper hervorbringen. Das ist nämlich der Fall, wenn ein selbes Glimmerblättchen hinter einander zu zwei Versuchen gebraucht, und bei dem zweiten Versuch in umgekehrter Stellung wie bei dem ersten gebraucht wird. Alsdann ist diejenige Fläche des Glimmers, welche bei dem ersten Versuch mit dem bildgebenden Körper in Berührung war, und einen Eindruck empfing, bei dem zweiten mit der polirten Fläche in Contact, und sie muß also zu einem secundären Bilde Anlaß geben. Dieses Bild kann immer von dem directen unterschieden werden, dadurch, daß es offenbar ein umgewandtes von der Oberfläche des Körpers ist, wogegen das secundäre Bild, als umgewandt zu dem vorhergehenden, ein rechtes vom Körper seyn muß.

6) Endlich geben verschiedene Versuche über diese Bilder durchaus gleiche Resultate, man mag unter dem Einfluß des Lichts oder in vollständiger Dunkelheit operiren.

IX. *Betrachtungen über die chemische Wirkung des Lichts; von Hrn. Arago.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III T. VII p. 207.*)

Ein Brief des Hrn. Edmund Becquerel hat Hrn. Arago in der Pariser Academie zu einer mündlichen Mittheilung veranlaßt, die wir hier so getreu als möglich wieder geben wollen.

Kurz nach Erlaß des Gesetzes, welches den HH. Daguerre und Niépce eine National-Belohnung zusicherte, äußerten sich in einem kleinen Theil des Publicums Meinungen, die, meines Erachtens, sehr irrig waren, mir aber die Pflicht auferlegten, zu zeigen, daß die neue Entdeckung nicht bloß unter dem artistischen Gesichtspunkt betrachtet werden müsse, sondern daß sie auch die Physik mit sehr köstlichen Forschungsmitteln bereichere. Das war der Zweck einer Note, die in dem *Compte rendu* vom 19. Aug. 1839 erschien. Sie war so abgefaßt.

»Hier eine Anwendung, deren der Daguerreotyp fähig seyn wird und mir sehr des Interesses würdig erscheint. Die Beobachtung hat gezeigt, daß das Sonnenspectrum nicht continuirlich ist, sondern transversale Unterbrechungen, vollkommen schwarze Striche hat. Giebt es ähnliche Unterbrechungen in den dunklen Strahlen, welche die photogenischen Effecte hervorzubringen scheinen? Wenn dem so ist: entsprechen sie den schwarzen Strichen des leuchtenden Spectrums? Da mehre der Querstriche des Spectrums mit bloßem Auge, d. h. wenn sie sich unvergrößert auf der Netzhaut abbilden, sichtbar sind, so wird die Aufgabe, welche ich hinstelle, leicht gelöst seyn.«

Diese sehr leichte Lösung des Problems, die ich

mir vorgesetzt, konnte ich selbst im J. 1839 nicht experimentell aufsuchen, da die alte dunkle Kammer der Sternwarte damals eine andere Bestimmung erhalten hatte, und die neue noch nicht eingerichtet war. Uebrigens muß ich voraussetzen, daß mein Aufruf gehört ward, denn ich habe erfahren, daß die K. Gesellschaft zu London am 20. Febr. 1840 eine Abhandlung von Sir John Herschel empfang, worin die Frage berührt ist, und Jedermann hier wird sich erinnern, daß Hr. E. Becquerel die Academie in der Sitzung vom 13. Juni 1842 mit demselben Gegenstand unterhielt. Hr. Herschel, dem kein Heliostat zu Gebote stand, glaubte sich nicht bestimmt über das Daseyn von Streifen in dem photographischen Bilde des Spectrums aussprechen zu dürfen; allein Hr. Edm. Becquerel warf ein stationäres Spectrum auf die jodirte Platte, und sah, nach dem Versuch, auf dem vom Spectrum eingenommenen Theil der Platte deutliche Querstreifen, längs welchen die chemische Substanz unverletzt geblieben war oder wenigstens keine wahrnehmbare Veränderung erlitten hatte. Er erkannte überdies, daß diese Striche genau den dunklen Linien des leuchtenden Spectrums entsprachen.

Beim ersten Blick könnte der besagte Versuch überflüssig scheinen, denn, sollte sich nicht das erhaltene Resultat von selbst verstehen? Wie kann man photogenische Wirkungen erwarten dort, wo alles Licht fehlt?

Hier meine Antwort: Es ist keineswegs erwiesen, daß die photogenischen Veränderungen der empfindlichen (*impressionables*) Substanzen aus der Wirkung des Sonnenlichtes selber entspringen. Diese Veränderungen werden vielleicht hervorgerufen von dunklen Strahlungen, die dem eigentlichen Lichte beigemischt sind, sie begleiten, und wie dieses gebrochen werden. In diesem Fall bewiese der Versuch nicht nur, daß das von diesen unsichtbaren Strahlen gebildete Spectrum discontinuirlich ist, daß es Unterbrechungen hat wie das sichtbare Spectrum,

sondern auch dafs in den beiden übereinanderliegenden Spectren diese Unterbrechungen *einander genau entsprechen*. Diefs wäre eins der sonderbarsten, der seltsamsten Resultate der Physik.

Führen wir in diese Erörterung ein von der Geschwindigkeit des Lichts abhängiges Element ein: die Folgerungen aus der Beobachtung werden dadurch nicht minder mehr interessant. .

Vor vielen Jahren habe ich gezeigt, dafs die Strahlen der Sterne, auf welche die Erde zuläuft, und die Strahlen derjenigen, von denen die Erde sich entfernt, genau um dieselbe Gröfse gebrochen werden. Ein solches Resultat ist mit der *Emissionstheorie* nicht anders vereinbar als mit Hülfe eines wichtigen Zusatzes zu dieser Theorie, auf dessen Nothwendigkeit ich schon ehemals verfiel, und das auch allgemein von den Physikern angenommen ward. Man mufs nämlich annehmen, dafs die leuchtenden Körper Strahlen von allen Geschwindigkeiten aussenden, und dafs blofs die Strahlen von einer bestimmten Geschwindigkeit sichtbar sind, sie allein die Empfindung des Lichts im Auge hervorbringen. Nach der Emissionstheorie werden das Roth, das Gelb, das Grün, das Blau, das Violett des Sonnenlichts respective begleitet von ähnlichen Strahlen, die aber aus Mangel oder Ueberschufs an Geschwindigkeit dunkel sind. Dem Mehr in der Geschwindigkeit entspricht eine geringere Geschwindigkeit, wie das Weniger in ersterer einen gröfseren Werth der letzteren nach sich zieht. Sonach ist jeder sichtbare rothe Strahl begleitet von dunklen Strahlen gleicher Natur, welche, die einen mehr, die andern weniger als er gebrochen werden; *mithin giebt es Strahlen in dem schwarzen Streifen der rothen Portion des Spectrums*. Dasselbe gilt von den Strichen in dem gelben, grünen, blauen und violetten Theile. Da nun der Versuch gezeigt, dafs die in den Strichen enthaltenen Strahlen ohne Wirkung auf die empfänglichen Substanzen sind, so ist es festgestellt, dafs jede Vermehrung oder

Verringerung der Geschwindigkeit den Lichtstrahlen photogenische Eigenschaften nimmt, mit denen sie ursprünglich begabt waren; dafs die Sonnenstrahlen aufhören chemisch zu wirken im selben Moment, wo sie, durch eine Aenderung der Geschwindigkeit, die Fähigkeit verlieren, auf der Netzhaut Lichtempfindungen hervorzurufen. Ich habe wohl nicht nöthig Alles hervorzuheben, was in einer von der Geschwindigkeit der Strahlen abhängigen chemischen Wirkungsweise des Lichts Sonderbares liegt.

An demselben Montage übergab Hr. Edm. Becquerel das Resultat eines Versuchs, den ich zwei Jahre und zehn Monate früher vorgeschlagen hatte, dabei öffentlich auffordernd, ihn unter neuen Bedingungen vorzunehmen, die über die Art, wie die Geschwindigkeit die chemische Wirkung des Lichts abändere, Aufschlufs geben müßten. Ich machte bemerklich, dafs man, da die Sonnenstrahlen sich in dem Maafse rascher bewegen als die von ihnen durchlaufenen Mittel brechbarer sind, zu einem erspriesslichen Resultat gelangen werde, wenn man vergleichend und gleichzeitig die Wirkung des Lichts auf eine jodirte Platte studire, die zur Hälfte in zwei sehr unähnliche Mittel getaucht sey, z. B. in Wasser und in Luft. Hr. Edm. Becquerel war so gut, dieser Idee zu folgen. Unter dem 25. November 1842 hat er mir folgenden Brief geschrieben:

»Als Sie, im verflossenen Juni, die Gefälligkeit hatten, der Academie der Wissenschaften meine Abhandlung über die Constitution des Sonnenlichts vorzulegen, waren Sie so gut mir einen Versuch anzugeben, durch den man erfahren könne, ob bei Eintauchung einer für die Wirkung der Sonnenstrahlen empfänglichen Substanz in ein anderes Mittel als die Luft, durch die Aenderung in der Geschwindigkeit der Sonnenstrahlen beim Uebergang der Luft in dieses Mittel, die Lage der queren Striche oder Streifen im Spectrum der chemischen Strahlen verändert werde.«

»Ich habe mich beeifert diese Versuche sogleich an-

zustellen, zunächst mit Anwendung von Wasser als neues Mittel. Meine Abreise aufs Land hat mich genöthigt, sie zu unterbrechen. Ich rechnete darauf sie bei meiner Rückkehr wiederholen zu können, ehe ich das Resultat derselben bekannt machte; allein das schlechte Wetter der Jahreszeit hat mir noch nicht erlaubt diesen Vorsatz auszuführen. Ich habe indess die Ehre, Ihnen das Resultat zweier Versuche nebst der Beschreibung des dabei befolgten Verfahrens zu übersenden.«

»Ich gebrauchte dabei einen kleinen Glaskasten mit recht ebenen Rändern, voll Wasser, und eine auf Hrn. Daguerre's Weise zubereitete Platte, senkrecht in den Kasten gestellt, so dafs sie parallel war mit der Vorderfläche des Kastens. Bei den zwei Versuchen betrug der Abstand der jodirten Platte von dieser Fläche ein Centimeter. Durch eine im Fensterladen gemachte schmale Spalte brachte ich ein Bündel Sonnenstrahlen in ein dunkles Zimmer und brach sie dort durch ein recht reines Flintglas-Prisma, vor welchem eine Linse mit grosser Brennweite aufgestellt worden, um so ein Sonnenspectrum mit allen seinen Strichen projecirt zu erhalten. Hierauf stellte ich in die Bahn der gebrochenen Strahlen den Kasten mit Wasser, so, dafs sich das Wasser mit allen seinen Strichen recht horizontal auf die jodirte Platte abzeichnen, und dabei die violetten Strahlen winkelrecht durch die Vorderfläche des Kastens gehen mußten. Vor dem Versuch war in den Kasten so viel Wasser gegossen, dafs sein Niveau das Bild des Spectrums der Länge nach halbiren mußte.«

»Nimmt man nach einer Wirkung von einer bis zwei Minuten die Platte fort und setzt sie Quecksilberdämpfen aus, so sieht man das Bild des Spectrums von der Gränze des Grün und Blau bis über das äußerste Violett hinaus zum Vorschein kommen, und, wie ich in meiner Abhandlung gesagt, hat dieses Bild alle seine Striche ähnlich

lich liegend, wie das des Lichtspectrums für die Portionen von gleicher Brechbarkeit. Zwischen dem Bilde des Spectrums auf der in der Luft gebliebenen Portion der Platte und dem auf der im Wasser gewesenen Portion ist kein recht merklicher Unterschied. Die Striche beider Portionen des Spectrums scheinen sehr gut in gegenseitiger Verlängerung zu liegen, ausgenommen jedoch in den äußersten Portionen des chemischen Spectrums, rechts und links, wo die Strahlen des im Wasser erzeugten Bildes etwas dichter zusammenzurücken scheinen. Dieß scheint mir der Brechung der schiefen Strahlen zugeschrieben werden zu müssen.

»Diese beiden Versuche scheinen zu beweisen, daß die Natur des Mittels, in welches die für die chemische Wirkung der Sonnenstrahlen empfindliche Substanz getaucht ist, nicht die Wirkung dieser Strahlen abändert, so daß der Eindruck des Sonnenspectrums auf diese Substanz immer dieselben Striche und an denselben Orten darbietet.

»Sobald das Wetter es erlauben wird, denke ich diese Versuche zu wiederholen, zu vermannichfaltigen und vielleicht zu entscheidenderen Resultaten zu bringen.

Ich habe die Ehre etc.

Hier hat man also Sonnenstrahlen, die sich in Luft und in Wasser genau gleich verhalten. In der Luft bewegt sich indess, nach dem Emissionssystem, das Licht weit weniger geschwind als im Wasser. Die Geschwindigkeit ist also hier ohne Einfluß, eine Folgerung, die, auf dem ersten Anblick, in offnem Widerspruch mit der zu seyn scheint, die wir aus dem ersten Versuch gezogen haben. Die beiden Resultate sind indess nicht unvereinbar. Eine neue Hypothese kann sie, wie mir scheint, in Einklang bringen. Jeder mag urtheilen:

Die Geschwindigkeit, mit welcher ein Lichtstrahl ei-

nen gegebenen Körper *durchläuft*, hängt ausschließlich von der Brechbarkeit dieses Körpers ab, so wie von der *Emissionsgeschwindigkeit des Strahls*, von der Geschwindigkeit, die er im Vacuo hatte. Der Strahl, welcher durch das Wasser hin zur Oberfläche der Jodschicht gelangt, besitzt am Punkt, wo er diese Fläche trifft, eine Geschwindigkeit, größer als die, welche der durch die Luft gegangene Strahl an demselben Punkt besaß; allein *im Innern der Schicht selbst*, in einer hinreichenden Tiefe, haben beide Strahlen genau dieselben Geschwindigkeiten. Läßt man die photogenischen Erscheinungen, von einer nicht an der Oberfläche, sondern im Innern der Schicht ausgeübten Wirkung abhängen, so verschwindet alle Schwierigkeit. Nun sind wir, sonderbar genug, gezwungen, einen wesentlichen Unterschied zu machen zwischen der Oberfläche und dem Innern einer Schicht, die von unglaublich geringer Dicke ist.

Betrachtet man sonach die photogenischen Phänomene als Beispiele *moleculärer Actionen*, die einer *genauen Bestimmung* fähig sind, so wird Jedermann fühlen, wie interessant es seyn würde, Ziffern in die eben hingestellten *allgemeinen Raisonsnements* einzuschalten. Man wird diesen Zweck erreichen, wenn man zuvörderst die Versuche vervollständigt, mittelst deren Hr. Dumas angefangen hat, die Dicke der Jodschicht, auf welcher Daguerre'sche Bilder entstehen, zu bestimmen mittelst vergleichender Wägungen einer großen versilberten Platte vor und nach ihrer Jodirung. Man wird hernach in die Beobachtung der relativen Lagen der auf der empfänglichen Substanz entstandenen dunklen Striche jede mögliche Genauigkeit bringen, selbst, wenn's nöthig ist, mit Hülfe des Mikroskops. Endlich wird man, statt in einem Sprunge von Wasser zu Luft überzugehen, die relative Lage der Streifen, gebildet in zwei, an Dichte oder Brechbarkeit nur wenig verschiedenen Mitteln, mit einander vergleichen. Für jetzt fließen aus der vorste-

henden Erörterung, *gemäß dem Emissionssystem*, in aller Strenge nachstehende Folgerungen:

Entspringen die photogenischen Effecte des Sonnenlichts ausschliesslich aus der Wirkung dunkler Strahlen, die den sichtbaren Strahlen beigemischt sind, wie sie fortwandern und zwar mit Geschwindigkeiten von derselben Ordnung, so haben die superponirten Spectra beider Strahlengattungen ihre Unterbrechungen genau an denselben Orten.

Erzeugen die sichtbaren Strahlen gänzlich oder theilweise die photogenischen Effecte, so ist diese Eigenschaft dermaßen ihrer Geschwindigkeit inwohnend, daß sie dieselbe verlieren, so wie diese Geschwindigkeit wächst oder abnimmt.

Mögen die photogenischen Wirkungen des Sonnenlichts von sichtbaren oder unsichtbaren Strahlen herrühren, so können sie doch nicht einer an der Oberfläche der empfänglichen Schicht ausgeübten Wirkung zugeschrieben werden: es ist im Innern der Materie, wo man den Heerd dieser Wirkung suchen muß.

Die vorstehenden Schlüsse können erweitert werden, wenn man die Dicke der dünnsten Jodschicht kennt, in der sich noch Daguerre'sche Bilder erzeugen; und wenn man im Stande ist, die Dicke dieser Schicht zu vergleichen mit der Länge der *Accesse* oder Lichtwellen.

X. *Ueber die vertheilende Wirkung der statischen Elektricität; von M. Faraday.*

(*Phil. Mag. Ser. III Vol. XXII p. 200.* — Ein Brief an Herrn R. Phillips.)

Vielleicht halten Sie folgende Versuche beachtenswerth; ihr Werth besteht darin, daß sie eine sehr genaue und entscheidende Idee von Principien der elektrischen Vertheilung geben, welche, wie ich finde, von Vielen mit

einem Grad von Zweifel oder Dunkelheit angenommen werden, der ihnen viel von ihrer Wichtigkeit raubt. Sie sind der Ausdruck und der Beweis gewisser Theile meiner Ansicht von der Vertheilung (*induction*)¹).

Sey *A* (Fig. 8 Taf. III) ein isolirter zinnerner Eimer, $10\frac{1}{2}$ Zoll hoch, $7\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, verbunden durch einen Draht mit einem empfindlichen Goldblatt-Elektrometer *E*, und *C* eine Messingkugel isolirt aufgehängt an einem trocknen Faden weißer Seide von drei bis vier Fuß Länge, so daß der Einfluß der Hand, welche sie in dem Eimer hält, entfernt ist. Es sey *A* vollkommen entladen, *C* dagegen durch eine Maschine oder Leidner Flasche geladen, und, wie die Figur zeigt, in *A* gebracht. Ist *C* positiv, so wird *E* positiv divergiren; wird *C* fortgenommen, fällt *E* völlig zusammen, wenn der Apparat in guter Ordnung ist. So wie *C* in den Eimer eintritt, wächst die Divergenz von *E*, bis *C* ungefähr drei Zoll unter dem Rande des Eimers ist, wo sie dann für jeden tieferen Stand ganz unverändert bleibt. Diefs zeigt, daß, bei jenem Abstand, die vertheilende Wirkung von *C* gänzlich auf das Innere von *A* ausgeübt wird und in keinem directen Grade auf äußere Gegenstände. Läßt man *C* den Boden von *A* berühren, so wird seine ganze Ladung an *A* mitgetheilt; dann findet keine vertheilende Wirkung zwischen *C* und *A* mehr statt, und wenn man *C* nach Herausnahme untersucht, findet man es vollständig entladen.

Diefs alles sind wohl bekannte und anerkannte Wirkungen; allein, ein wenig abgeändert, lassen sich aus ihnen folgende Schlüsse ziehen: Wenn *C* bloß hängt in *A*, wirkt es durch Vertheilung auf dasselbe, und erregt an dessen Außenseite Elektricität seiner eignen Art; berührt *C* aber *A*, so wird seine Elektricität diesem mitgetheilt,

1) *Experimental Researches*, §. 1295 etc., und §. 1667. (*Annalen*, Bd. XXXXVI S. 575, und *Ergänzungsbd.* S. 249), und Antwort an Dr. Hare, *Phil. Magazine*, 1840, Vol. XVII p. 56. VIII.

und die Elektricität, welche dann auf der Außenseite von *A* ist, muß als die betrachtet werden, welche ursprünglich auf *C* war. Da jedoch diese Veränderung keinen Effect auf die Blätter des Elektrometers übt, so beweist sie, daß die durch *C* vertheilte Elektricität und die Elektricität auf *C* an Betrag und Kraft genau gleich sind.

Wenn ferner *C*, geladen, zu einer Zeit in gleichem Abstand von dem Boden und den Seiten von *A* gehalten wird, und zu einer andern so dicht am Boden als ohne Entladung auf *A* möglich ist, so bleibt die Divergenz durchaus unverändert, zum Beweise, daß, mag *C* aus bedeutendem oder aus höchst geringem Abstände wirken, der Betrag seiner Kraft derselbe ist. Auch wenn *C* excentrisch, nahe der Seite des Eimers gehalten wird, so daß die vertheilende Wirkung in Linien stattfindet, die in verschiedenen Richtungen fast jeden Kraftgrad ausdrücken, ist doch die Summe ihrer Kräfte vollkommen dieselbe constante Größe als die zuvor erhaltene; denn die Blätter rühren sich nicht. Unter allen diesen Umständen zeigt sich nichts von Ausdehnung oder Einschränkung (*coercion*).

Ich kann nun Versuche mit mehrern concentrischen Metallgefäßen beschreiben, z. B. den in Fig. 9 Taf. III abgebildeten, wo vier Eiseimer durch Schellacktafeln, auf welchen sie stehen, von einander isolirt sind. Auf dieses System wirkt die geladene Kugel (*carier*) *C* genau so wie auf ein einziges Gefäß, so daß also die Dazwischenkunft mehrer leitender Platten keinen Unterschied in dem Betrage des vertheilenden Effects macht. Wenn *C* die Innenseite des Gefäßes 4 berührt, bleiben die Goldblätter unverändert. Wird 4 durch einen Seidenfaden herausgezogen, so sinken die Blätter vollständig zusammen; wird es wieder eingeführt, öffnen sie sich bis zu demselben Grad wie zuvor. Werden 4 und 3 durch einen an einem Seidenfaden hinabgelassenen Draht

mit einander verbunden, so bleiben die Blätter unverändert, und sie bleiben es ebenfalls, wenn man 3 und 2 durch einen ähnlichen Draht verknüpft. Demnach ist nun alle Elektricität, welche anfänglich auf der Kugel war und aus beträchtlicher Ferne wirkte, auf der Außenseite von 2 und wirkt nur durch einen kleinen nichtleitenden Raum. Endlich bleiben auch die Blätter unverändert, wenn die Außenseite von 1 mit der von 2 verknüpft wird.

Denken wir uns die geladene Kugel C wieder in dem Mittelpunkt des Systems: die Divergenz des Elektrometers mißt nun ihre vertheilende Wirkung. Diese Divergenz bleibt sich gleich, es mag das Gefäß 1 allein, oder es mögen alle vier Gefäße zugleich da seyn, man mag diese Gefäße durch Isolation getrennt, oder 2, 3 und 4 zu gleichsam einem sehr dicken Gefäße verbunden, oder auch alle vier Gefäße so verknüpft haben.

Wenn ferner, statt der Gefäße 2, 3 und 4, ein dickes Gefäß von Schellack oder Schwefel eingeführt, oder mit dem Charakter der im Gefäß 1 enthaltenen Substanz irgend eine Veränderung vorgenommen wird, entspringt daraus nicht die geringste Aenderung in der Divergenz der Goldblättchen.

Befinden sich mehrere Kugeln, statt einer, in verschiedenen Lagen in dem inneren Gefäße, so stören sie einander nicht; sie wirken mit demselben Kraftbetrage auswärts, wie wenn die Elektricität gleichförmig über Eine Kugel ausgebreitet wäre, wiewohl die Verbreitung auf jeder Kugel durch ihre Nachbarn gestört seyn mag. Wird die Ladung einer der Kugeln durch Contact dem Gefäße 4 gegeben und über dasselbe ausgebreitet, so wirken die übrigen noch mit gleichem Endbetrage von Kraft durch dasselbe hin, und kein, einem der Gefäße 1, 2, 3 oder 4 gegebenen Ladungszustand hindert eine in 4 gebrachte Kugel mit genau demselben Kraftbetrage zu wirken, wie wenn die Gefäße ungeladen wären. Wenn geriebene

Stücken Schellack an Seidenfäden in das Gefäß gebracht werden, wirken sie genau wie Metallkugeln, ausgenommen, daß ihre Ladung nicht durch Contact den Metallgefäßen mitgetheilt werden kann.

Sonach übt also ein gewisser Betrag von Elektricität, der inmitten des Gefäßes *A* wirkt, nach außen denselben Effect aus, er mag mittelst Vertheilung durch den Raum zwischen ihm und dem Gefäß *A* wirken, oder mittelst Leitung auf *A* übertragen seyn, so daß die vorherige innere Vertheilung gänzlich zerstört ist. Es ist auch gleich für die vertheilende Wirkung, der Raum zwischen *O* und *A* mag gefüllt seyn mit Luft oder mit Schellack oder Schwefel, welche eine über zwei Mal stärkere specifische Inductions-Capacität als die Luft besitzen; oder mag mehre concentrische Schalen von leitender Materie, oder zu neun Zehntel mit leitender Substanz angefüllt seyn, oder an einer Seite aus Metall und an der andern aus Schellack bestehen. Was für andere Mittel genommen werden, um die Kräfte zu verändern, entweder durch Aenderung des Abstandes oder der Substanz, oder der Ladung der Substanz in diesem Raum, so bleibt doch der Betrag der Wirkung genau derselbe.

Wenn also ein Körper, sey er ein Theilchen oder eine Masse, geladen wird, so ist durchaus nichts in seiner Wirkung, was mit der Idee von Verstärkung oder Auslöschung (*exaltation or extinction*) verträglich wäre; der Betrag der Kraft ist vollkommen bestimmt und unveränderlich. Diejenigen, welche sich die elektrische Kraft als eine Flüssigkeit denken, brauchen also keine Compression oder Condensation dieser Flüssigkeit an sich oder in seiner Coërcibilität (wie einige diese Phrase verstehen) anzunehmen. Die einzige Art, diese Kraft zu afficiren, besteht in Verknüpfung derselben mit Kraft von gleicher Art, entweder in gleicher oder in entgegengesetzter Richtung. Lassen wir sie gegen Kraft von entgegengesetzter Art wirken, so können wir sie durch *Entladung* neutralisiren, oder wir können sie auch *ohne Entladung* durch die einfachen Gesetze und Principien der statischen Vertheilung verknüpfen; allein außer der Vertheilung (*induction*), welche *immer von derselben Art* ist, giebt es keinen Kraftzustand in einem geladenen Körper, d. h. es giebt keinen Zustand von statisch elektrischer Kraft, welche den Ausdrücken *versteckte, verbör-*

gene oder *gebundene* (*simulated or disguised or latent*) Elektrizität, entfernt von den gewöhnlichen Principien der elektrischen Vertheilung, entspricht. Es giebt auch keinen Fall, wo die Elektrizität *mehr latent* oder *verborgen* wäre, als sie es ist auf dem geladenen Conductor einer Elektrisirmaschine, und sie steht bereit jeden in ihre Nähe gebrachten Körper einen kräftigen Schlag zu geben.

Aus dieser Vollkommenheit der vertheilenden Wirkung entspringt eine sonderbare Betrachtung. Man denke sich eine dünne ungeladene metallene Hohlkugel, zwei oder drei Fufs im Durchmesser haltend, in der Mitte eines Zimmers isolirt, und darin Myriaden kleiner Bläschen oder Theilchen gleich oder verschieden mit Elektrizität geladen; allein ein jedes isolirt von seinem Nachbar und der Kugel. Die vertheilende Wirkung derselben wird so seyn, wie wenn die Außenseite der Kugel mit einer Kraft gleich der Summe *aller* ihrer Kräfte geladen wäre, und jeder Theil dieser, an sich nicht geladenen Kugel wird einem nahe gebrachten Körper einen eben so langen und kräftigen Funken geben, wie wenn die Elektrizität aller Theilchen, der nahen und der fern, sich auf der Oberfläche der Kugel selbst befände. Gehen wir von dieser Betrachtung zu einer Wolke über. Wir können hier die äußere Fläche der Wolke nicht ganz der Oberfläche einer metallenen Hohlkugel vergleichen; allein die vorherigen vertheilenden Effecte auf die *Erde* und die Gebäude daselbst sind dieselben; und wenn eine geladene Wolke sich über der Erde befindet, so wird, obgleich ihre Elektrizität über jedes Theilchen ausgebreitet ist, und kein bedeutender Theil der vertheilten (*inductric*) Ladung an ihrer Unterfläche angehäuft ist, dennoch ihre vertheilende Wirkung auf die Erde eben so stark seyn, wie wenn der ganze, gegen die Erde gerichtete Theil der Kraft auf dieser Fläche wäre; und der Zustand der Erde, so wie deren Neigung sich gegen die Wolke zu entladen, wird in dem ersten Fall eben so stark seyn, wie in dem letzten. Ob die Blitz-Entladung zuerst an der Wolke oder an der Erde beginne, ist weit schwieriger zu entscheiden, als man gemeiniglich glaubt ¹⁾; theoretische Gründe lassen mich glauben, dafs sie in den meisten, vielleicht in allen Fällen, an der Erde beginnt.

1) *Exper. Research.* (§§. 1370, 1410, 1484. (Ann. Bd. XXXXVII S. 274 und 531, und Bd. XXXXVIII S. 271.)

XI. Ueber Geschiebebildungen und Diluvial-Schrammen in Dänemark und einem Theile von Schweden; von G. Forchhammer.

Die Bildungen von Thon, Sand und Geschieben, welche man unter dem gemeinschaftlichen Namen der Geschiebformation zusammenfaßt, haben in der letzten Zeit sehr die Aufmerksamkeit der Geognosten auf sich gezogen. Für das Studium der scandinavischen Geschiebe möchte wohl schwerlich ein Land zu finden seyn, welches so viele Hülfsmittel für diese höchst schwierige Untersuchung darbietet, als Dänemark, dessen sehr große Küstenerstreckung vom Rande der scandinavischen Urgebirge bis an die Elbe vielfache Gelegenheit giebt einen Blick in's Innere der dahin gehörigen Formationen zu thun. Auch haben mich diese Untersuchungen, seitdem ich anfang die geognostischen Verhältnisse Dänemarks und der Herzogthümer zu studiren, während einer Reihe von Jahren lebhaft beschäftigt.

Es mag mir daher erlaubt seyn, gleich zu Anfang dieses Aufsatzes zu bemerken, daß man sich sehr irrt, wenn man glaubt, daß unsere Geschiebebildung nur ein der Oberfläche angehöriges Phänomen ist, da sie vielmehr die gesammte tertiäre Zeit umfaßt, und dahin gehörige Bewegungen bis in die letzte Abtheilung der Kreideformation verspürt werden können. Um diese mannichfaltige Bildung daher richtig aufzufassen, wird es durchaus nothwendig seyn, bis in die Kreideformation zurückzugehen, und das Verhältniß der letzten Glieder derselben etwas näher in's Auge zu fassen.

Der Kohlenformation in Schonen und Bornholm, welche sich durch eine große Menge Eisensteinlager auszeichnet, und nach ihren Versteinerungen dem Lias und

Jura gemeinschaftlich angehören möchte, folgt auf Bornholm eine zweite Kohlenbildung, gänzlich ohne Eisenstein und ohne andere Versteinerungen als *Fucus intricatus*. Hierdurch wird sie als dem Karpathensandstein und übrigen Fucoiden-Sandsteinen der Alpenkette angehörig bezeichnet, und gehört also entweder dem Neocomien oder dem älteren Grünsand an. Diese Bildung, die man in Schonen und dem eigentlichen Dänemark noch nicht entdeckt hat, wird von dem ihr folgenden jüngeren Grünsande dadurch scharf abgeschnitten, daß die Fucoiden-Kohlenformation unter großen Winkeln (50° bis 70°) gegen das nahe gelegene Urgebirge einschießt, während der jüngere Grünsand unter einem Winkel, der 10° nicht übersteigt, von dem Urgebirge abfällt.

Der jüngere Grünsand findet sich auf Bornholm an der Südwestküste und in Schonen unter den von Nilson bekannt gemachten Verhältnissen; er besteht zum Theil aus sandigen, zum Theil aus mergeligen Gliedern, deren Versteinerungen in beiden Ländern übereinstimmen, und größtentheils von Nilson beschrieben sind. Dem Grünsande folgt auf Bornholm in regelmäßiger Entwicklung und unveränderter Lagerungsfolge der Mergelkalk von Arnager, dem sächsischen Pläner in der Gesteinsentwicklung bis zum Verwechseln ähnlich. In Schonen findet sich noch in losgerissenen einzelnen Partien unmittelbar dem Urgebirge aufgelagert ein Kalkstein, der bloß aus Bruchstücken von Schaaen und Corallen besteht, und wahrscheinlich dem jüngeren Grünsande zuzurechnen seyn möchte.

Ganz neulich, in diesem Winter, bin ich so glücklich gewesen, in der Nähe von Kjøge auf Seeland eine Partie Grünsand zu entdecken, welche höchst wahrscheinlich diesem Theile der Kreideformation angehört. Das Vorkommen der lockeren Schichten dieser Bildung erklärt den tiefen Einschnitt des Kjøger Meerbusens zwischen dem festen Saltholmskalk von Amack und den

feuersteinreichen Lagern von Stevns Klint. Derselben Bildung gehören auch die sehr wasserreichen Quellen von Brøndkilde, Rothschild (Hrvars Quelle), Svinninge und Vindekilde an, welche Alle in einer von SO. nach NW. streichenden Linie liegen.

Im südwestlichen Theile von Schonen, auf der Insel Saltholm im Sunde, unter Kopenhagen und im Jütland in der Gegend von Greenaae, findet sich eine Kalksteinzone, welche man an losen Bruchstücken und Riffen im Kattegat zwischen den feststehenden eben genannten Punkten verfolgen kann. Dieser Kalkstein, der rein und fest ist, liegt, seiner geographischen Lage nach, wahrscheinlich unter der weissen Kreide; doch hat man ihn bis jetzt nirgends in Verbindung mit irgend einem andern Gliede der Kreideformation gefunden. Seine Versteinerungen zeugen, dafs er der Kreideformation angehört.

Die weisse Kreide bildet im südlichen Seeland und auf Møen eine grofse Partie, in welcher die Kreide von Stevns Klint unter einem sehr geringen Winkel gegen Südwest einschließt, während die Kreide von Møen im höchsten Grade unregelmäfsig gehoben und mit den Schichten der späteren Geschiebformation zusammengeworfen ist. Die zweite Hauptpartie der weissen Kreide zieht sich vom Mariagerfjord über den Liimfjord bis an's Westmeer. Von dieser Kreidepartie ist der südöstliche Theil am Mariagerfjord und östlichen Liimfjord regelmäfsig gelagert mit horizontalen Feuersteinschichten, während der nordwestliche Theil am westlichen Liimfjord und an der Nordsee höchst unregelmäfsig gehoben, und wie auf Møen mit den Bildungen der Geschiebformation zusammengeworfen ist. In diesem nördlichsten Theile der Kreidebildung kommen unzählige Erdfälle vor, und der im Bezirk derselben gelegene Norrsee wurde vor einigen Jahren durch einen im Grunde derselben entstandenen Erdfall vollkommen ausgeleert, ohne dafs man den un-

terirdischen Abflufs des Wassers verfolgen konnte. Die ganze Gegend mufs von unterirdischen Kanälen durchzogen seyn, und die Landleute leiten die Abzugsgräben ihrer Felder in die trichterförmigen Vertiefungen der Erdfälle, wo das Wasser selbst nach Wolkenbrüchen und dem plötzlichen Thau des Frühlings gleich verschwindet. Aufser diesen Hauptpartien kommen einzelne Punkte der Kreide im nördlichen Seeland bei Steenløse, in Holstein bei Itzehoe vor, und zeigen in Verein mit der von Helgoland und von Lüneburg, dafs das ganze Land auf einem Kreideboden ruht, der nur hin und wieder durch locale Hebungen an die Oberfläche gebracht ist.

In dem Kliff vom Stevens Klint sieht man die Folge der neueren Bildungen der Kreideformation sehr deutlich. Auf der weissen Kreide ruht eine Bildung von schiefri- gem Thon, die nur wenige Zoll mächtig ist, allein im ganzen Lande sich wieder findet, wo man die Auflagerung der späteren Kreidebildungen beobachten kann. Sie zeichnet sich durch eine grofse Menge von Bruchstücken von Fischen aus, welche indessen bis jetzt noch nicht in einem Zustande gefunden sind, der ihre nähere Bestimmung erlaube. Auf dieses Thonlager folgt ein Kalkstein, der hier nur ein bis zwei Fufs mächtig ist, dagegen in dem einige Meilen davon gelegenen Hügel von Faxøe eine Mächtigkeit von wenigstens 40 Fufs erreicht und als vollkommen ausgebildetes Corallenriff erscheint. Auch diese Bildung in der Form als schwaches Lager findet sich in der Kreide des nordwestlichen Jütlands wieder.

In Stevens Klint ruht auf dieser Schicht ein Kalkstein, der in Form eines Sandsteins fast ausschliesslich aus Bruchstücken von Corallen, so wie aus Bruchstücken und wohl erhaltenen Individuen von anderen Versteinerungen der Kreide besteht. Die Schichtung dieses Gesteins, welches in Jütland »Liimsteen« genannt wird, und welches ich mit dem Namen *Corallkreide* bezeichnen

möchte, ist gänzlich abweichend von der Schichtung der älteren Bildungen unserer Kreideformation, indem die einzelnen Schichten wellenförmig durch die ganze Mächtigkeit der Bildung hindurch gehen, so daß dieselbe ununterbrochene Schicht an einem Orte die oberste, und an einem anderen, nicht weit entfernten, die unterste ist. — Diese Schichtungsverhältnisse kommen an unserer Küste wieder vor, in den vom hohen Wellenschlage gebildeten Massen, und offenbar sind auch diese Schichten unter hohem Wellenschlage abgesetzt.

Auf der Fig. 10 Taf. III, die einen kleinen Theil des Kliffs von Stevens Klint darstellt, ist:

a herabgefallene Massen,

b die weiße Kreide mit mächtigen, fast horizontalen

Schichten von Feuerstein-Nieren *c*,

d die Thonschicht und der Faxöe-Kalk,

e die Corallkreide mit gebogenen Lagern von zusammenhängendem Feuerstein,

f ein Conglomerat aus großen scharfkantigen Stücken Corallkreide und Feuerstein, verbunden durch Kalksinter.

Da hier unter keiner Bedingung an Schichten zu denken ist, die ihre Neigung einer Hebung oder Senkung verdanken, so wird man schwerlich eine andere Erklärung dieser Schichtungsverhältnisse geben können. Ueberall, wo die Schichten dieser zerstörten Corallkreide vorkommen, haben sie dieselbe Form und Verhältnisse. Aufser Stevens Klint finden sie sich noch im westlichen Seeland und östlichen Fühnen; sie bilden mit denselben gebogenen Schichten den Kliff von Sangstrup und Carlebye bei Greenaae im östlichen Jütland, und ziehen sich von dort quer durch das Land in nordwestlicher Richtung, bis sie nördlich vom Liimfjord das Meer in der Westerbahharde erreichen. Diese Verhältnisse, wonach sich diese Lager zerstörter Corallenriffe, dem noch unzerstörten Corallenriff von Faxöe entsprechend, parallel mit

der schwedischen und norwegischen Küste, und also parallel mit der südwestlichen Gränze des scandinavischen Urgebirges hinziehen, sind merkwürdig. Sie deuten nämlich auf eine zerstörte, dem Urgebirge parallele Reihe von Corallenriffen hin, deren zermalnte Ueberreste unter stark bewegtem Meere in einiger Entfernung abgesetzt sind. Diese Ansicht wird noch wahrscheinlicher durch eine mit dem Liimsteen gleichzeitige Bildung, die im Südwesten von der Liimsteenkette eine damit parallele Zone bildet. Dieser Kalkstein gleicht der Kreide, er färbt ab, aber schreibt nicht; er enthält selten Versteinerungen, und ist, wenn auch nicht horizontal, doch bei weitem nicht so stark wellenförmig, als der Liimsteen, und schiebt sich zuweilen zwischen der weißen Kreide und dem Liimsteen ein. Ich betrachte ihn als aus den feineren abgeschwemmten Theilen der Corallenriffe gebildet, und in einer größeren Entfernung von dem Punkte abgesetzt, wo die Corallenriffe zerstört wurden. Er verhält sich zum Liimsteen, wie die Marsch an unserer Westküste sich zu dem sandigen Strande verhält. Er ist klar, daß diese Bewegung vom scandinavischen Urgebirge ausging, und daß dieselbe unterirdische Kraft, welche die Bildung der Corallenriffe veranlafte, in einem anderen Stadium, auch ihre Zerstörung bewirkte.

Der Zusammenhang der Corallenriffe, mit vulkanischen Erscheinungen im Weltmeere ist bekannt, und wenn sie auch zum Theil auf der Hebung des Bodens beruht, so scheint sie mir auf der anderen Seite nur dadurch verstanden werden zu können, daß man auf die, durch die Vulkane veranlafte mächtige Entwicklung von Kohlensäure und dadurch veranlafte Auflösung von kohlensaurem Kalk Rücksicht nimmt. Ohne diese Wirkung würden die Corallenthiere den zu ihren Bauten nothwendigen Kalk nicht vorfinden. Ich nehme also an, daß die Kräfte, welche Scandinavien hoben, sich zuerst durch Entwicklung von Kohlensäure Luft machten, und so das

Material für die Corallenbänke lieferten. Späterhin steigerten diese Wirkungen sich so, daß das Urgebirge selbst sich hob, und die dadurch veranlaßte Wellenbewegung zerstörte die Corallenriffe und setzte die gröberen Bruchstücke der Corallen bei hohem Wellenschlage als Liimsteen, die feineren in größerer Entfernung von dem sich hebenden Urgebirge als jüngere Kreide ab. Es ist dies die erste Wirkung, welche das scandinavische Urgebirge auf die Ausfüllung des Meeresgrundes aus dem später Dänemark sich erhob, ausübte. Gerölle scandinavischer Urgebirge finden sich nicht im Liimsteen, und nur äußerst selten beobachtet man einige größere abgeschliffene Sandkörner und kleine Steinchen.

Die nächste Bildung, welche einen viel größeren Theil des Bodens von Dänemark einnimmt, ist eine mächtige Braunkohlenformation, von der drei große Partien in Dänemark vorkommen. Die eine am weitesten vom Urgebirge entfernte und am regelmäsigsten gelagerte Bildung zieht sich vom Nissumfjord, etwas südlich vom Liimfjord, auf dem Rücken des Landes und an der Westküste bis an die Elbe; sie findet sich wieder durch den Gyps gehoben bei Lüneburg, und bildet ohne Zweifel einen großen Theil der Lüneburger Heide. Das oberste Lager besteht aus einem eisenhaltigen Sande und losem Sandsteine, unter diesem Gestein folgen mächtige Thon- und Mergellager, zuweilen mit untergeordnetem festen mergeligen Kalksteine. Alaunerde kommt sehr häufig vor, und an einzelnen Orten ein schneeweißer Sand mit eingemengtem weißen glimmerreichen Thone. An einer Stelle, in der Mitte von Jütland bei Them, finden sich Braunkohlenlager im Sande. Die große Häufigkeit der Braunkohlen in dieser Formation wird aber dadurch bewiesen, daß das Westmeer auf der ganzen Strecke vom Liimfjord bis an die Elbe überall Braunkohle aufwirft. — Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß auch der Bernstein dieser Formation angehört; wo die Wellen

Braunkohle an's Land werfen, wird auch Bernstein angespühlt, und dieß in so bedeutender Menge, daß man den jährlichen Ertrag auf gegen 3000 Pfund anschlagen darf. An sehr vielen Orten führt der Thon und Kalkstein, zuweilen auch der Sandstein dieser Formation Versteinerungen, und bezeichnet die ganze Formation dadurch als der Subappenninen-Bildung angehörig. Die wichtigsten derselben sind *Cassis testa*, *Cassidaria Echinophora*, *Nucula comta*, *Nucula glaberrima*, *Fusus corneus*, *Pleurotoma Cataphracta*, *Dentalium striatum*, *Trochus agglutinans*, *Triton anus*, *Rostellaria*, der *Pes Pelicani* sehr ähnlich. *Isokardia Cor* der Subappennin-Formation, und eine andere *Isokardia*, die davon verschieden zu seyn scheint. Es finden sich ferner Krabben mit Balanen bewachsen, und Bruchstücke von Knochen und Wirbelbeine von *Cetaceen*. Im Ganzen sind jedoch die Versteinerungen nicht sehr häufig, und kommen besonders zusammengedrängt an der südöstlichen Seite der Insel Sylt vor. Auf dieser Insel finden sich die früher genannten einzelnen Glieder der Formation gehoben durch eine, der Hebungslinie der Insel Helgoland entsprechenden Hebung, und streichen NNW. und SSO., während sie unter einem Winkel, der von 80° bis 15° abnimmt, gegen Osten fallen. Diese ganze westliche Partie führt nur kleine Geschiebe, und so gut wie ausschließend nur versteckt körnige Sandsteine, sogenannten Quarzfels, wie sie so häufig im scandinavischen Uebergangsgebirge vorkommen. Außerdem findet sich Feuerstein.

Ganz anders sind die Verhältnisse an den Küsten des Kattegats. Auf der Insel Seeland zeigt das nordwestliche Vorgebirge Refsnaes diese Bildung, sie kommt an der nordwestlichen Seite der Insel Fünen zu Stauerhoved und Hindsgavl, auf der nordöstlichen Seite des Herzogthums Schleswig und der östlichen Seite von Jütland bis an die Förde vom Horsens; ferner auf der Insel Sam-

Samsøe, also an der südwestlichen Küste des Kattegats vor. Die sandigen Glieder der Formation fehlen hier gänzlich, und die Bildung besteht besonders aus Thon, zum Theil feinschiefriger, von blauen, grünen und rothen Farben, zum Theil schwarzer und brauner glimmerreicher Thon, der in vollkommene Alaunerde mit vielem eingemengten Schwefeleisen übergeht. — Untergeordnet finden sich Kalksteine, und hin und wieder nierenförmiger, strahliger Schwerspath, dem Bologneserspath täuschend ähnlich, und nicht selten die Versteinerungsmasse von Corallen bildend. Kohlensaures Eisen und dichter Braunspath kommen gleichfalls vor, so wie viele Trümmer von Arragonit die festen Schichten durchsetzen. Die Schichten dieser Bildung sind mannichfaltig gehoben, aber immer durch locale Hebungen, so daß kein gemeinschaftliches Gesetz der Schichtenstörung entdeckt werden kann. Am merkwürdigsten sind vielleicht in dieser Rücksicht die Schichten von Stauerhoved, wo dem schwarzen, glimmerreichen Thon viele Geschiebe des scandinavischen Urgebirges von der Gröfse mehrerer Kubikfuß regelmäßig eingelagert sind, und wo das ganze Schichtensystem unter einem Winkel von 80° gegen NO. einschiefst. Ganz in der Nähe dieses Conglomerats finden sich Versteinerungen in einem grünlichen Sande, unter andern habe ich *Pectunculus polyodonta* darin gefunden.

Die Fig. 11 Taf. III (wo *aa* schwarzer glimmerreicher Thon mit Geschieben; *b* ein Gang, der den Thon durchschneidet; *c* herabgefallene Massen; *d* Oberfläche) zeigt diese merkwürdigen Verhältnisse, welche es über jeden Zweifel erheben, daß in der Braunkohlenbildung schon Geschiebe scandinavischer Gesteinarten vorkommen. Eben so deutlich wird es durch eine Betrachtung der Verhältnisse auf Bjórnskude, einem Vorgebirge nördlich von der Veilerföhrde, wo ein durch eisenhaltigen Sand schwach verbundenes Lager von Geschieben scandinavischer Urgebirge, durch einige Mittelglieder getrennt,

von einem Lager glimmerreichen Thons bedeckt ist, der voller Versteinerungen von *Nucula comta* und *Pleurotoma oblonga* ist.

Ich gebe noch ein Beispiel von den Schichtungsverhältnissen dieser interessanten Bildung, welches aus der Gegend von Fredericia ist. Der feinschiefrige Thon ist hier durchaus blumenkohlartig gebogen, wie man es wohl zuweilen beim Gneuse beobachtet. Der kleine Hügel ist von einer späteren Bildung, dem Geschiebe-Thon, bedeckt, welcher keine Veränderung scheint erlitten zu haben und daher jünger ist. Auf der ganzen Strecke von vielen Meilen, auf der diese wunderbare Bildung vorkommt, ist noch niemals ein horizontales Lager entdeckt, wodurch die gewaltsamen plutonischen Störungen, welche diese Gegenden getroffen haben, hinreichend angezeigt werden. Ueberall, wo diese Bildung mit dem Geschiebe-Sande, dem letzten Gliede unserer Geschiebe-Formation, zusammentrifft, liegt dieser Geschiebe-Sand abweichend und übergreifend auf den Lagern der Braunkohlenformation. Die gewaltsamen Hebungen müssen also zwischen der Zeit der Braunkohlenformation und des Geschiebe-Sandes eingetreten seyn. Es verdient noch bemerkt zu werden, daß das Verhältniß der Anzahl der Gesteine der Kreideformation immer sehr geringe ist; so war dieses Verhältniß in der Braunkohlenformation des nördlichen Fühnens 58 Proc. Urgebirgs-gestein, 24 Proc. Uebergangsgestein und 18 Proc. Kreidegestein. — An einer andern Stelle 50 Proc. Urgebirge, 33 Proc. Uebergangsgebirge und 17 Proc. Kreidegestein. Bei Björnsknude 47 Proc. Urgebirge, 28 Proc. Uebergangsgebirge und 25 Proc. Kreidegestein. Diefs ist sehr merkwürdig, da die Braunkohlenbildung die Kreide unmittelbar bedeckt, und man daher vermuthen möchte, daß sie viele Bruchstücke des darunterliegenden Gesteins aufgenommen haben könnte. Die jüngere Bildung des Geschiebe-Thons enthält dagegen sehr selten unter 50 Proc.

Kreidegestein. Es verdient ferner Beachtung, daß nur der Theil der Braunkohlenformation, welcher dem südwestlichen Rande der scandinavischen Urgebirge zugewandt ist, diese Geschiebe führt, so wie es noch nicht ohne Bedeutung ist, daß, während das ganze westliche Braunkohlensystem in Jütland kein einziges Individuum von *Pecten* enthält, diese in dem Kattegatsysteme häufig vorkommen, während *Nucula lavigata*, *Nucula comta* und *Pleurotoma oblonga* beiden angehören, und ihre Uebereinstimmung, mit Rücksicht auf die Bildungszeit, zu beweisen scheinen. Die Ursache dieser Eigenthümlichkeit, daß das Genus *Pecten* dort fehlt, möchte vielleicht in Verbindung stehen mit dem häufigen Vorkommen des Bernsteins und der Braunkohle, und der Grund darin zu suchen seyn, daß die westliche Bildung an dem flachen Ufer eines aus Sandstein gebildeten Landes vorging, während die Braunkohlenformation des Kattegats in dem tiefen, vom Urgebirge begränzten Meere stattfand.

Das dritte System der Braunkohlenformation findet sich auf den Inseln Mors und Fuur im Liimfjord, so wie an den Küsten desselben in Thy, Hannæs und Salling. Die Schichten dieser Partie bestehen aus schwarzem Thon und einem schwarzen losen Sandsteine mit untergeordneten Lagern von einem schwarzen Kalksteine, einem sehr mächtigen Lager von weißem, leichtem Infusorienkiesel mit untergeordneten Lagern eines eisenhaltigen Kalksteins, und endlich als oberstes Lager einen gelben Sandstein und Conglomerat. Die Schichtung dieser Massen ist im höchsten Grade verwirrt, und namentlich ziehen sich die Kalksteinschichten des Infusorienkiesels in den wunderlichsten zickzackförmigen Linien in den Kliffs auf und ab, so daß es sich schwerlich bestimmen läßt, ob die enorme Mächtigkeit dieser Infusorienlager von 40 bis 50 Fufs ursprünglich oder durch spätere Störungen verändert ist. Das Letztere ist weniger wahrscheinlich,

da der gelbe Sandstein, das oberste Lager, regelmässig zu liegen scheint.

Diese Formation ist eine Süßwasserbildung, sie enthält Insecten, Bruchstücke von Fischen aus der Familie des Lachses, und eine große Menge einer kleinen Süßwasserschnecke vom Geschlecht *Spirorbis*. Die Verbindung dieser ausgebreiteten Bildung mit der Salzwasserformation des westlichen Jütlands zeigt sich an mehreren Orten; so kommt auf der Insel Mors ein Lager von Braunkohlenthon mit *Cassidaria Echinophora*, und im schwarzen Kalkstein von Thyé kommt *Nucula glaberrima* zuweilen vor. Geschiebe finden sich in dieser Partie der Braunkohlenbildung nur im obersten Lager, dem gelben Sandsteine, und auch dort sind sie von geringer Bedeutung.

Die nächste große Abtheilung der Geschiebebildungen unseres Landes habe ich mit dem Namen Geschiebe-Thon bezeichnet. Sie besteht aus Lagern von gelbem und blauem Thon, von Mergeln und Sand, und durch diese ganze Masse sind Geschiebe von der Größe mehrerer Hundert Kubikfuß bis zum feinen Sandkorn vertheilt. Man kennt diese Bildung bis zu einer Tiefe von mehreren Hundert Fuß, und durch ihre ganze Masse sind die Geschiebe vertheilt. Ich muß es hier wiederholen: die losen Blöcke oder Geschiebe sind kein Phänomen der Oberfläche, sondern finden sich in allen Tiefen dieser Formation verbreitet, und wenn die Geschiebe häufiger an der Oberfläche vorkommen, so ist dies kein ursprüngliches Phänomen, sondern dadurch veranlaßt, daß die feineren Theile bei einer späteren Wasserbedeckung weggeschwemmt sind, und auf diese Weise die größeren Blöcke, welche der Bewegung widerstanden, angesammelt wurden.

Die Fig. 13 Taf. III gegebene Zeichnung des Kliffs von Visborg auf der Insel Samsøe zeigt dies Verhältniß deutlich, indem dasselbe Phänomen sich vier Mal wiederholt hat. Der gelbe und blaue Thon mit Geschieben ist sehr selten geschichtet, hin und wieder kommt ein schiefriger Thon ohne Blöcke vor, während der Sand

in der Regel Schichtung zeigt; doch fehlt es nicht an Sandlagern, worin man keine Spur von Schichtung entdeckt. Die Unregelmäßigkeit in den inneren Schichtungsverhältnissen giebt sich nun auch im Aeußern zu erkennen, und diese Formation bildet überall ein hügeliges coupirtes Terrain, dessen Hervorragungen aber keine Ketten bilden, sondern runde Hügel mit muldenförmigen Thälern, deren fruchtbarer Boden für Kornbau und Weide sehr geeignet ist, und dessen nicht ausgedehnte, aber dennoch häufige Waldpartien fast ausschließlich aus Buchen bestehen. Der südliche Theil der Insel Seeland, fast die ganze Insel Fühnen, so wie die kleineren dänischen Ostsee-Inseln, mit Ausnahme von Bornholm und die Ostküste der Halbinsel von Randers bis nach Lübeck, bestehen aus dieser Bildung, welche auch noch in den übrigen Theilen des Landes hin und wieder fleckenweise vorkommt. Im Herzogthum Schleswig trifft diese Bildung so mit der Braunkohlenformation zusammen, daß man keine feste Gränze ziehen kann, und ich möchte daher behaupten, daß der älteste Theil dieser Bildung noch zur Subappeninformation gerechnet werden müsse. Dagegen findet sich gleichfalls im Herzogthum Schleswig, so wie auf den Inseln Alsen, Arøe und Langeland ein blauer Thon, bald mit, bald ohne Geschiebe, welcher Versteinerungen einer spätem Zeit in großer Menge enthält. Diese Versteinerungen sind *Cyprina islandica*, *Corbula nucleus* und Wirbel von Fischen. Die *Cyprina islandica* kommt, dem Anscheine nach, in vollkommen erhaltenen Exemplaren in dem blauen Thone vor; versucht man aber sie herauszunehmen, so zerfallen sie in viele Stücke, und man beobachtet, daß sie alle an Ort und Stelle, nachdem sie im blauen Thone eingehüllt sind, zerbrochen worden. Alle Lager, welche diese Versteinerungen enthalten, sind geneigt, zuweilen unter großen Winkeln, und ohne Zweifel ist es die Hebung der Schichten, welche das Zersplittern der dicken Schalen veranlaßt hat. Häufig wechselt Thon mit *Cyprina* mit

andern Thonlagern, die keine Muscheln enthalten, wie in einer Ziegelthongrube bei Apenrade im Herzogthum Schleswig.

Fig. 14 Taf. III (worin *a* Sand; *b* Sand und Geschiebe; *c* Ziegelthon ohne Versteinerungen; *d* Ziegelthon mit *Cyprina islandica*). Der Fall dieser Schichten ist sehr verschieden, sowohl mit Rücksicht auf die Himmelsgegend, als die Gröfse des Winkels. Die Schichten bei Apenrade fielen 75° gegen NW. Schichten auf der Insel Aröe fielen 10° gegen SSO., und noch viele andere Richtungen der Schichten finden sich, ohne dafs ich im Stande gewesen bin, irgend ein Gesetz der Hebung zu entdecken. Am Ufer der Flensburger Förde kommen dieselben Schichten des blauen mergeligen Thons ohne Steine und ohne Versteinerungen in einem horizontalen Lager vor, und bilden jene mächtigen Lager von blauem Ziegelthon, die in den zahlreichen Fabriken von Eckernsunde und Renberg zu Mauersteinen und andern ähnlichen Producten verarbeitet werden. Enthielten auch diese Schichten *cyprina islandica*, so wären sie unbrauchbar für ihren Zweck; denn die dicken Schlösser der Muscheln sprengen den Mauerstein, wenn sie sich nach dem Brennen mit Wasser aus der Atmosphäre sättigen. Die versteinierungsführenden Schichten geben bei dem Ausgraben einen so unangenehmen Geruch, dafs das Wegräumen desselben mit grofsen Kosten für den Besitzer der Ziegelei verbunden ist, da die Arbeiter sich weigern die Arbeit vorzunehmen. Tiefe Brunnen in diese Lager hinabgetrieben leiden häufig an plötzlichen Ausbrüchen von Kohlensäure. Durch einen solchen Ausbruch verloren im Frühling 1841, wenige Tage vor der Erderschütterung in Jütland, drei Menschen ihr Leben in einem 100 Fufs tiefen Brunnen, den sie am Abend vorher mit guter Luft verlassen hatten. Die Kohlensäure hielt sich vom April bis im August in diesem Brunnen, und ebbte und fluthete im umgekehr-

ten Sinne des Barometers, so daß die Kohlensäure stieg, wenn das Barometer sank.

Sehr wichtig ist die Vertheilung der Geschiebe in der Geschiebethon-Bildung. Ueberall kommen Blöcke von mehreren Kubikfufs vor, doch nirgends so groß, als der Dammstein im Gute Hesselager an der Ostküste von Fühnen, der, als ich ihn im Jahre 1840 aufmaß, 11 Fufs Höhe und 105 Fufs im Umkreis hatte. Seit der Zeit ist er, nachdem der Gutsbesitzer auf sein Anrecht verzichtet hatte, auf Veranstaltung Sr. Majestät des Königs unter den Schutz der Regierung gestellt, und um etwa 10 Fufs tiefer ausgegraben, wobei man fand, daß sein Umkreis sich noch immer mehr erweiterte. Alle große Blöcke bestehen aus Granit, granitischem Gneus, Porphyr, Syenit, Grünstein und Quarzfels. Bei den Blöcken, die einen Kubikfufs und weniger ausmachen, fangen Feuersteine und die harten Kalksteine der Kreideformation an, deren Menge bei verminderter Gröfse der Geschiebe immer zunimmt. Um das Verhältniß der Geschiebe der verschiedenen Formationen an verschiedenen Orten vergleichen zu können; wählte ich eine mittlere Gröfse zwischen einer und zwei geballten Händen, und habe nun in den verschiedenen Landestheilen mehrere Hunderte von Aufzählungen gemacht, die zu überraschenden Resultaten geführt haben.

In der Verbindungslinie zwischen dem Kalk von Saltholm und dem ganz ähnlichen Kalksteine, der in der Gegend von Greenaae in Jütland feststeht, sind die Geschiebe dieses Saltholmskalks so häufig, daß jährlich über 20,000 Tonnen Kalk von dem aus den Geschieben aus- gesammelten Kalksteine gebrannt werden. So wie man den angegebenen Strich verläßt, werden die Gerölle von Saltholmskalk selten, und verschwinden bald gänzlich, so daß, da man annehmen muß, daß dasselbe Gestein sich in dieser Richtung in der Tiefe fortsetzt, die losen Blöcke nur wenig von ihrem ursprünglichen Fundorte

entfernt worden sind. Auf der Insel Langeland, besonders auf ihrem südlichen Theile, bilden die Gesteine der Uebergangsformation im Durchschnitt 35 bis 45 Proc. der Gerölle von der angegebenen Gröfse, und diese überwiegende Menge von Uebergangsgestein setzt sich bis in's südöstliche Holstein fort. Gegen Norden von dieser von NO. nach SW. ziehenden Linie nehmen sie schnell ab, und betragen im südlichen Fühnen kaum 20 Proc. Weiter gegen Norden ist ihr Verhältniß noch geringer. Die Uebergangsgesteine, die hier vorkommen, sind besonders Uebergangskalk, Uebergangssandstein, Schiefer und Grünstein. In der Fortsetzung dieser Linie gegen NO. liegen die feststehenden Uebergangspartien von Bornholm, wo sie auf beiden Seiten des Urgebirges vorkommen, von Cimbrisham, Oeland, Gothland, Oesel, Dagöe und die mächtige Uebergangsformation an der Südseite des finnischen Meerbusens und des Ladoga-Sees.

In dem mittleren und nördlichen Seeland, in einem Theile von Fühnen und dem nördlichen Theile von Jütland, betragen die Gesteine der Kreideformation im Durchschnitt 50 Proc. An einigen Orten aber steigen sie bis zu 70 Proc., und an zwei Stellen ist es mir schon gelungen, nach der Anzeige dieser losen Gesteine das feststehende Kreidegebirge an Orten zu finden, wo man es früher nicht gekannt hatte. An den westlichen Ufern des Liimfjords nehmen die Uebergangsgebirgsarten wieder an Menge zu, und steigen bis 40 Proc. und darüber, sind aber hier besonders Porphyre, Syenite und Uebergangssandsteine, so dafs der vom Liimfjord aufgeworfene Strandwall bei Oddesund nur aus gerollten Porphyrstücken besteht. Sie entsprechen offenbar den Uebergangsgesteinen des nördlich davon gelegenen Christianiasystems.

Geht man vom Liimfjord im westlichen Theile von Jütland gegen Süden im Bezirke der Braunkohlenbildung, so verschwinden nach und nach die Porphyre, wogegen die Uebergangssandsteine so sehr zunehmen, dafs sie in

der Gegend von Warde 76 Proc. der Gerölle ausmachen, während das Kreidegestein zum Theil ganz verschwindet, zum Theil auf wenige Procent reducirt wird. Im westlichen Theil des Herzogthums Schleswig nehmen die Gesteine des Uebergangsgebirges sehr schnell ab, während die Kreidegesteine wieder zunehmen, und in der Mitte von Holstein, bei Itzehoe, geht die Kreide wieder zu Tage aus.

Betrachten wir diese Verhältnisse näher, so finden wir, daß die Kreidegesteine und der Kalk, der überaus mächtigen Mergellager dieser Formation, nicht von der scandinavischen Halbinsel zu uns herüber geschwemmt seyn können, sondern aus dem eigenen Boden des Landes aufgebrochen sind ¹⁾. Sie können nicht einmal weit von der Stelle getrieben seyn, wo sie ursprünglich fest anstanden, wie die Blöcke von Saltholmskalk im nördlichen Seeland, und die überwiegende Menge von Kreidegestein an den Orten beweisen, wo die Kreide sich der Oberfläche nähert. Von diesem Aufbrechen des Bodens, diesen unzähligen Localhebungen, die besonders nach der Bildung der Braunkohle und vor dem Absetzen des Geschiebesandes stattgefunden, haben wir schon viele Beispiele angeführt, und könnten noch eine ganze Reihe mehr nennen. Diese gewaltsamen plutonischen Störungen fallen also gerade in die Zeit des Geschiebethons, der unter allen unsern Abtheilungen der Geschiebeformation am reichsten an großen Blöcken ist. Es ist demnach höchst wahrscheinlich, daß diese Geschiebe des Urgebirges nicht von Schweden zu uns hinabgeschwemmt sind, sondern aus dem in der Tiefe unter unserm eignen Boden sich findenden festen Granit durch plutoni-

1) Es zeigt sich dieß besonders deutlich im nördlichen Seeland, wo die Geschiebe der Kreideformation sehr schnell abnehmen, wenn man von Süden nach Norden geht. Nördlich von Helsingöer, wo man über der Streichungslinie der Kreide hinaus ist, machen die Kreidegesteine nur 2 bis 3 Procent aller Gesteine von der angegebenen Größe aus.

sche Hebungen losgebrochen und herauf geworfen sind. Dieses Resultat wird noch wahrscheinlicher, wenn man bedenkt, auf welche Weise die scandinavischen Granitketten des südlichen Schwedens unter den jüngeren Bildungen verschwinden. Die zusammenhängende Granit-Gneus-Masse von Smaalund und Blecking ist schon hin und wieder in ihrem südlichen Theile von kleinen Kreideparthien bedeckt, und verschwindet weiter gegen SW. gänzlich unter dem Geschiebethon. Darauf hebt sich wieder die Granit-Gneus-Kette des Kullens hervor; allein in ihrer Fortsetzung gegen SO. bis Steenshufwud erleidet sie mannichfaltige Unterbrechungen, so daß sie mehr als eine Inselkette erscheint. Noch ein Mal erhebt sich eine damit parallele Granit-Gneus-Kette weiter im SW. wieder zu einem geringeren Niveau, die Kette von Rommeleklint. Ist es nun nicht im höchsten Grade wahrscheinlich, daß noch ganze Systeme von parallelen Ketten mit geringerem Niveau sich unter den jüngeren Schichten der Formationen des eigentlichen Dänemarks hinziehen? Es verdient ferner Aufmerksamkeit, daß der Geschiebethon mit seinen mächtigen Blöcken nur in dem östlichen Theile des Landes in einiger Bedeutung in Verbindung mit der Braunkohlenformation auftritt, gerade da, wo die Schichten dieser Braunkohlenformation häufig senkrecht aufgerichtet sind, und selten einen geringeren Winkel als 45° machen, während das ausgebreitete Braunkohlensystem des westlichen Jütlands mit seinen in der Regel horizontalen Schichten nur selten, und dann auch nur fleckweise von Geschiebethon bedeckt wird. Hierzu kommt noch, daß an dem einzigen Orte, wo wir im westlichen Systeme bedeutende aufgerichtete Schichten der Braunkohlenformation kennen, auf der Insel Sylt, diese wieder mit einer mächtigen Formation des Geschiebethons verbunden sind, so daß es deutlich hervortreten scheint, daß es gerade die Bildung des Geschiebethons ist, welche die Braunkohlenschichten in ihrer

horizontalen Lage gestört hat. Es scheint mir, mit Rücksicht auf diese Ansicht, nicht ohne Bedeutung zu seyn, daß der Geschiebethon von Sylt so viele Bruchstücke von wahrer Lava enthält, daß die Landleute auf der Insel darauf aufmerksam geworden sind, und sie mit dem Namen »Bimsstein« bezeichnen. — Geht man von dieser Ansicht aus, so bekommt das häufige Vorkommen von kalkigem und schiefrigem Uebergangsgestein auf der Insel Langeland, der Insel Fehmern und dem südöstlichen Holstein, wo in der Gegend von Segeberg und Oldeslohe große Blöcke von Uebergangskalk in einer solchen Menge vorkommen, daß man schon mehrere Male Bohrversuche angestellt hat, um das feste Flötz, woraus man diese Kalksteine ableitete, zu finden, eine große Bedeutung. Dann erscheinen sie als die losgebrochenen Stücke einer unmittelbaren Fortsetzung des großen silurischen Systems, welches wir vom Ladoga-Sée bis nach Bornholm verfolgen können.

Die letzte Abtheilung unserer Geschiebformation besteht aus Sand, Grus und Geröllen; ich nenne sie daher *Geschiebe-Sandformation*. Zuweilen ist der Sand thonig; eigentliche Thonlager habe ich in der Formation selbst nicht beobachtet, dagegen kommt hin und wieder als letztes Glied der Bildung ein brauner Thon ohne Kalk vor, der letzte Niederschlag, so zu sagen, nachdem das stürmisch bewegte Meer völlig beruhigt wurde. Diese Bildung ist immer geschichtet. Die Schichten häufig stark aufgerichtet, gebogen, schnell abgebrochen, kurz gesagt, es sind dieselben Schichten, wie das stürmisch bewegte Meer sie noch an unsern Küsten absetzt. Das Oberflächenverhältniß dieser Bildung ist sehr verschieden. Bald bildet sie vollkommene Hügelketten nach beiden Seiten stark geneigt, in jeder Rücksicht den schwedischen Åsar vollkommen ähnlich. Solche Ketten finden sich auf Seeland zwischen Lystrup und Herlöv, zwischen Nestved und Mogenstrup, im nördlichen Fünen, im öst-

lichen Schleswig. Sie haben ihr sich noch immer fortbildendes Analogon in den sogenannten *Reoler* an der Westküste von Jütland, jenen kettenförmigen Bänken von Sand und Steinen, welche parallel mit einander nur wenige Fufs unter der Oberfläche des Meeres durch tiefes Wasser von einander getrennt sind. Die zweite Form, worunter diese Bildung vorkommt, ist ein hüglisches, sandiges Land ohne bestimmte Richtung der häufig abgebrochenen kleinen Hügelszüge. So findet sie sich im nördlichen Seeland und im nördlichen Jütland, besonders zwischen dem Mariagerfjord und Liimfjord. Eine dritte Form findet sich auf den Vorgebirgen am Kattegat und der Insel Samsøe. Es sind hier zirkelrunde Kugelsegmente, zuweilen von der bedeutenden Höhe von einigen Hundert Fufs, neben einander abgesetzt, so dafs die Thäler nur durch den zwischen den verschiedenen Segmenten freigelassenen Raum gebildet werden. Sie geben die Form der Welle wieder, wo zwei mächtige Ströme in entgegengesetzter Richtung gegen einander anstossen; sie finden sich nur wo der südliche Strom des grossen Belts mit dem nördlichen des Kattegats zusammentrifft. Die vierte Form findet sich auf der ganzen Halbinsel, und besteht in einer dünnen Schicht dieser Bildung, welche über die Ebene der Braunkohlenformation ausgebreitet ist.

Sehr grosse Geschiebe finden sich in dieser Bildung nicht, und selten mögen sie zwei Kubikfufs übertreffen, dagegen sind sie immer stark abgerundet. Zuweilen sind diese Geschiebe so häufig, dafs nur die nothwendig zwischen ihnen sich findenden Zwischenräume mit Sand ausgefüllt sind; bald nimmt die Menge des Sandes zu, zuweilen finden sich nur einzelne Blöcke im Sande und Gruus zerstreut. An sehr vielen Orten, namentlich im nördlichen Seeland und dem sogenannten Himmellande, zwischen dem Mariagerfjord und Liimfjord, sind die Thäler in den tiefer liegenden Geschiebethon eingeschnitten,

und hier kann man sich vollkommen überzeugen, daß die Geschiebe der Sandformation nur die Ueberbleibsel eines zerstörten Theils der Geschiebethon-Formation sind. Das Verhältniß der verschiedenen Geschiebe, aufgezählt auf die früher angegebene Weise, ist nämlich durchaus dasselbe. Ich will einige dieser Aufzählungen hierher setzen.

Bei Bistrup, in der Odsharde im nordwestlichen Seeland, war das Verhältniß im *Geschiebethon* folgendes:

Granit und Gneus	31 Proc.
Uebergangsgestein	16 -
Eisensand der Liaskohle	1 -
Kreidebildungen	52 -

im *Geschiebesand*:

Granit und Gneus	33 Proc.*
Uebergangsgestein	17 -
Kreidegestein	50 -

Ebenso bei Hellebek im nordöstlichen Seeland.

Im *Geschiebesand*:

Granit und Gneus	77 Proc.
Uebergangsgestein	21 -
Kreidegestein	2 -

im *Geschiebethon*:

Granit und Gneus	74 Proc.
Uebergangsgestein	23 -
Kreidegestein	3 -

Ebenso im östlichen Fühnen.

Es folgt hieraus, daß die Wasserströme, welche die Geschiebe-Sandbildung veranlaßt haben, wenig oder gar kein Material mit sich führten, sondern nur das an Ort und Stelle vorhandene Material weiter verarbeiteten; wie auch die Bedingungen dieser Bildungen gewesen seyn mögen, so steht es dennoch fest, daß die Geschiebe nicht weit hergebracht worden sind.

Diese Bildung führt hin und wieder Versteinerungen von Thieren, welche alle in der jetzigen Nordsee

noch lebend angetroffen werden, welche aber auch alle der Küsten-Fauna angehören. Bei Svendborg im südlichen Fühnen fand ich *Buccinum reticulatum*; bei Tarbeck, im mittleren Holstein, kommt im Geschiebesande eine Austerbank vor, mit *Ostrea edulis*, *Cardium edule*, *Littorina littoria* und *Buccinum undatum*.

Gerade so wie die Sandflächen und Sand-Hügelzüge sich in Dänemark verhalten, sind sie auch im mittleren und südlichen Schweden beschaffen. Bald mächtige horizontal geschichtete Sandflächen, die durch späteres Wegspühlen hin und wieder als Hügelketten erscheinen, wie z. B. in der Provinz Dalerne; bald als mächtige, durch Wellenschlag aufgeworfene Hügelketten, wie z. B. der große Ås, der von Gefle über Upsala nach Stockholm, ungefähr parallel mit der Küste des bottnischen Busens, zieht, und höchst ausgezeichnet ist durch die so bestimmte Wellenschlag-Schichtung, die darin vorkommt.

Die Fig. 15 Taf. III (worin *a* ein Thonlager mit *Mytilus edulis*, *b* Sand mit den falschen Schichten des Wellenschlags (25° O.), *c* ein horizontales Lager mit ausgespühlten kleinen Steinen, *d* Dammerde) zeigt einen Durchschnitt, wie ich ihn bei dem Irrenhause zu Upsala aufgezeichnet habe, und wozu sich an unseren Küsten hundert analoge Beispiele finden ließen. Das Vorkommen von *Mytilus edulis* in dem Thon, worauf die geschichteten, gegen Ost sich neigenden Sandlagen ruhen, zeigt deutlich, daß hier Meer war, als das Ås sich zu bilden anfang. Dieser Durchschnitt ist an der Ostseite der Hügelkette genommen; an der Westseite, wie zum Beispiel zu Ecklundshof bei Upsala, sind die Schichten gleichfalls gegen Osten gerichtet. Aehnliche Schichten habe ich an andern Orten im Innern Schwedens beobachtet; so zum Beispiel bei Langhede, zwischen Jordbrund und Brundbeck, in der Nähe von Sala. Ich glaube, dies wird hinreichend seyn, um darzuthun, daß die schwedischen Åsar ganz so gebildet sind, wie die

dänischen, und ohne Zweifel zu derselben Zeit und unter denselben Wirkungsformen.

Wenn wir nun versuchen die beiden Theorien, welche über die Bildung und Fortbewegung der Geschiebe aufgestellt sind, die Agassiz'sche und die Sefström'sche anzuwenden, so zeigt gleich der erste Blick, daß keine von ihnen auf unsere Verhältnisse, die in Dänemark und den Herzogthümern auf einem Flächenraum von tausend Quadratmeilen untersucht und studirt sind, passen. — Gegen die Agassiz'sche Theorie spricht der genaue Zusammenhang unserer gesammten Geschiebformation mit den zerstörten Korallenriffen, den letzten Bildungen der Kreidezeit. Ferner daß alle einzelnen Abtheilungen der Geschiebebildung Versteinerungen führen, daß die so mächtige Braunkohlenformation mit ihren Geschieben, durch ihre subappeninen Versteinerungen ein Klima, wie es dem jetzigen Mittelmeer entspricht, anzeigt. Gegen die Gletschertheorie spricht ferner die große Menge von geschichteten Lagern, welche in allen diesen Formationen vorkommen, und die nur aus einer wirklichen Wasserbedeckung mit oder ohne Wellenschlag sich absetzen konnten. Gegen diese Theorie spricht weiter die große Menge von Kreidegestein, welche unsere Geschiebformation begleitet, und nicht durch die Gletscher von den nordischen Gebirgen heruntergebracht werden konnten, wo diese Bildung nicht existirt, und wo auch nicht das geringste Zeichen beweist, daß sie jemals existirt hat.

Gegen die Gletschertheorie sprechen die unzähligen Hebungen, die während der Bildung unserer Geschiebformation stattfanden, und die, aus den vielen Arragonittrümmern zu schliessen, welche die gehobenen Massen durchziehen, unter bedeutender Temperaturerhöhung vor sich gingen.

Wenn man indessen auch die reine Glacialtheorie für unvereinbar mit den Erscheinungen bei uns ansehen

möchte, so wäre vielleicht die ältere von Hausmann, Lyell etc. aufgestellte Theorie der Eisinseln, der schwärmenden Gletscher anzunehmen. Danach wären also unsere Geschiebe mit den mächtigen Sand- und Thonlagern das Product hochnördlicher Länder durch Eisberge in dem Meere abgesetzt, aus dem sich später Dänemark erhob. Gegen diese Meinung sprechen die Versteinerungen in der Braunkohlen-Geschiebeformation, die Masse von Kreidegestein, die mächtigen Mergellager des Geschiebethons, von denen es bewiesen ist, daß sie unseren eigenen Grund und Boden angehören, und auf diesem selbst nicht weit weggeführt sind. Gegen diese Theorie sprechen für den Geschiebesand seine aus den Versteinerungen hergeleitete ganz unbezweifelte Natur als Küstenbildung, indem Eisberge nur im sehr tiefen Meere sich fortbewegen können. Dagegen sprechen ferner die Schichtung des Geschiebesandes und der Zusammenhang seiner Gerölle mit denen des Geschiebethons.

Auch die Sefström'sche Theorie läßt sich in der Ausdehnung, worin ihr berühmter Verfasser sie darstellt, nicht mit den Phänomenen, die bei uns vorkommen, vereinigen. Schon die Dauer dieser Bildungen ist ein un widersprechlicher Beweis gegen die Theorie einer Fluth, da es undenkbar ist, daß eine Fluth durch die gesammte tertiäre Zeit fortgedauert habe. Ferner die klimatischen Verhältnisse von den tropischen oder subtropischen Korallenriffen der Kreide, dem Klima des Mittelmeeres der Braunkohlenbildung, den nordischen Tiefwasserbildungen des Cyprinenthons bis zu den Sandbänken im nordischen Meere, die den Geschiebesand bilden.

Wenn aber eine solche allgemeine Fluth nicht die Ursache unserer Äsar seyn konnte, so kann sie es eben so wenig für die schwedischen Äsar seyn, die mit den unsrigen vollkommen übereinstimmen. Dagegen hoffe ich beweisen zu können, daß eine partielle Ueberschwemmung bei dieser letzten Geschiebebildung thätig gewesen

ist,

ist, eine Ueberschwemmung, die aber in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit den Diluvialschrammen der scandinavischen Gebirge steht.

Die Agassiz'sche Theorie, wonach die Diluvialschrammen Spuren der fortschreitenden Bewegung grosser Gletschermassen sind, hat, auf die Phänomene an der Oberfläche der scandinavischen Urgebirge angewandt, im Ganzen im Norden von Europa wenig Beifall gefunden. Fast alle Forscher, die sich mit diesem Phänomen beschäftigt haben, scheinen der Idee den Vorzug zu geben, wonach diese Bildungen durch Steine, die vom Wasser in Bewegung gesetzt sind, veranlaßt worden, wenn sie gleich der Sefström'schen Theorie nicht unbedingt anhängen. Das scandinavische Phänomen ist so häufig beschrieben, seine Aehnlichkeit mit den Erscheinungen in der Schweiz so häufig hervorgehoben, daß ich wenig hinzuzusetzen habe. Die flachen Klippen, die sogenannten Heller, sind gewöhnlich an ihrer geneigten und in Schweden mehr oder weniger bestimmt gegen Norden gewandten Seite abgeschliffen und zum Theil polirt. Auf diesen Hellern kommen zuweilen breite gossenartige Furchen, und noch viel häufiger damit parallele feine Streifen vor. Furchen und Streifen sind im Ganzen unter einander parallel, und die Furchen sind häufig wieder gestreift. Die Furchen kommen von einem Durchmesser von zwei Fufs und darüber, von einer Tiefe von 8 bis 10 Zoll vor; die Streifen haben selten mehr als 1 oder 2 Linien Tiefe. Furchen und Streifen sind aber nur der Gröfse nach von einander verschieden, und gehen vollkommen in einander über. In diesen Verhältnissen scheint keine wesentliche Verschiedenheit zwischen den scandinavischen und den Erscheinungen in der Schweiz stattzufinden; dagegen scheint es mir, als ob die Regelmäßigkeit in der Begrenzung der flachen Klippen, wenigstens in der Ausdehnung des Phänomens eigenthümlich für Scandinavien sey. Die eine Seite der ge-

streiften Felsen ist nämlich mehr oder weniger senkrecht abgeschnitten, während die entgegengesetzte Seite schwach geneigt ist. Diese nennt Sefström die Stofsseite, jene, die senkrechte, die Leeseite, und der berühmte schwedische Geognost muß annehmen, daß die ursprüngliche Begrenzung der gestreiften Klippen überall senkrecht, wie an der Leeseite gewesen ist; während die petridelaunische Fluth an der Stofsseite die scharfen Kanten abgeschliffen hat, welche an der Leeseite ungestört von der Fluth in ihrer ursprünglichen Form verblieben sind. Die so abgeschliffene Granitmasse muß häufig viele Fuß betragen haben, und es ist wenig glaublich, daß eine Fluth, deren Dauer auf jeden Fall eingeschränkt seyn mußte, eine so enorme Abschleifung des sehr harten Gesteins hervorbringen konnte. Die senkrechte Seite der gestreiften Felsen bildet rechte Winkel mit den Streifen.

Wenn man nun bedenkt, daß das Material der Åsar die losgebrochenen Theile der gestreiften Felsen seyn soll, wofür die größte Wahrscheinlichkeit ist, so sieht man nicht ein, wie eine Fluth, die mit einer solchen Heftigkeit von Norden nach Süden stürzte, daß sie so bedeutende Theile der Felsen wegschleifen konnte, im Stande war, zwischen den abgeschliffenen Klippen das losgebrochene Material wieder abzusetzen. Nichts desto weniger findet man Åsar häufig in der Nähe von gestreiften Felsen; Sefström hat selbst Åsar über gestreifte Klippen gefunden, und wenn auch hin und wieder eine solche Geröllkette sich in Schutz des festen Gesteins absetzen konnte, so sind diese Hügelzüge von Sand und Steinen in Schweden viel zu allgemein verbreitet, als daß man ihr Vorkommen durch den in der Regel fehlenden Schutz von festen Gesteinmassen erklären könnte. Gerade dieser Umstand zeigt, daß die Ursache der Streifung der Felsen und der Absetzung jener Hügelzüge von Geröllen und Sand, keine allgemein wirkende gewesen seyn kann. Sie muß das Resultat von

unzähligen gesonderten Bewegungen gewesen seyn. Sefström nimmt an, daß die Bewegung, die petridelaunische Fluth, von Norden nach Süden gegangen ist; der, wie mir scheint, schwache Beweis für diesen Satz liegt zum Theil in dem Verhältniß der Stofs- und Leeseite, zum Theil in dem Verhältniß der sogenannten normalen und abnormen, der Haupt- und Seitenstreifen. — Es scheint mir aber in der Sefström'schen Bezeichnung dieser Streifen eine gewisse Willkührlichkeit nicht zu verkennen zu seyn, indem die Hauptstreifen in Bezug auf noch höhere Berge als Seitenstreifen bezeichnet werden, und man also die wahren Normalstreifen, wenn man vollkommen consequent seyn will, nur auf den höchsten Gebirgen Norwegens suchen muß. Wenn man daher nicht durchaus annehmen will, daß die Wasserbewegung wirklich so viel von den Felsen abschliff, daß die gegen Norden geneigte Seite Fulse, zuweilen selbst Klafter von Gestein dadurch verlieren konnte, so ist nichts im Wege, die Richtung der Bewegung gerade entgegengesetzt von Süden gegen Norden anzunehmen.

Wenn man zur See sich der schwedischen Küste im Kattegat nähert, so treten zuerst die Felsen nur mit ihren obersten Spitzen aus den Wellen hervor. Kommt man dem Lande näher, so zeigen sich kleine Inseln, und je weiter man kommt, desto größer und häufiger werden diese Felseninseln, deren senkrechte Seite gegen den Wellenschlag gerichtet ist; man befindet sich jetzt mitten in den Scheren. Hier sehe ich die noch jetzt vor sich gehenden Erscheinungen, welche eine vollständige Analogie zu den flachen, gestreiften und gefurchten Felsen des Inneren Scandinaviens darbieten. Ich habe gesagt, daß die senkrechte Seite der Klippe gegen den Wellenschlag gerichtet ist. Dieß ist eine ganz allgemeine Erscheinung für alle stark zusammenhängende Gebirgsmassen; sie zeigt sich an den thonigen Kliffs der

dänischen Küsten, und der Geognost, der unsere Verhältnisse studiren will, kann mit großer Sicherheit vorauswissen, wo er Durchschnitte anzutreffen erwarten kann, nämlich immer dort, wo die See am höchsten geht. Diefes zeigt sich an unserem Kreidegebirge, Möen und Stevens Klint an der Ostsee, Bulbjerg und die Kliffs von Hjørthals an der Nordsee sind deutliche Beispiele desselben. Im Inneren der vielen Fördrden dagegen findet sich selten eine senkrecht abgeschnittene Bildung. So verhält sich der Sandstein der Orkney-Inseln. Gegen das offene Meer haben sie senkrechte Abschnitte; gegen die Sunde, wo kein Wellenschlag von Bedeutung stattfindet, verflachen sie sich langsam. So habe ich es auf dem Färörerne gefunden; alle jene Felsenmassen, die bis zu zwei Tausend Fuß Höhe senkrecht aus dem Wasser aufsteigen, sind gegen das offene Meer gewandt, während die Ufer der vielen Sunde und Fördrden von Gestein mit schwach geneigter Oberfläche begränzt sind.

Südlich von Gothenborg führt die Landstrafse viele Meilen weit durch eine solche Scherenparthie, deren ehemaliger Meeresboden mit sandigem Thon aufgefüllt, mit den Scheren gehoben, und seit Jahrhunderten, oder wahrscheinlich seit Jahrtausenden, dem Wellenschlage entzogen, schon längst, wenigstens theilweise, in Ackerland verwandelt ist. Die Schere liegt aber noch eben so nackt und kahl, noch eben so geschliffen und polirt, als ob sie erst neulich von den Wellen bespührt worden wäre. Nur hin und wieder hat eine kümmerliche Pflanze sich in den Felsenklüften einnisten können. Erst in der Umgegend von Gothenborg habe ich Gelegenheit gehabt die Streifung der Klippen näher zu studiren. Allein wer diese öden Klippen jemals sah, und sie mit den Felsen in der Göthaelv und den immer niedriger erscheinenden Scheren des Gothenborger Scherensystems (Skjærgård) verglich, wird keinen Augenblick anstehen alle diese Felsen für gehobene Scheren zu erklären. Ueberdies fin-

den sich die Muscheln des jetzigen Kattegats in dem blauen Thon der Thäler um Gothenborg, und man kann sie im Thale der Göthaelv verfolgen bis an die Granitbarriere, welche die Wasserfälle von Trolhätta bildet, wo man bei Anlegung der neuen Schleusen vor wenigen Jahren ganze Lager davon entdeckte.

Auf diesen gehobenen Scheren in der Umgegend von Gothenborg, deren fast ganz nackte Felsen dem Beobachter jede Gelegenheit für seine Studien darbieten, kommen nun überall Furchen und Streifen vor. Ihre Richtung fand ich nach dem Compasse O. und W. mit einer Abweichung von 10° nach jeder Seite. Ich war so glücklich einen großen Steinblock von 100 bis 150 Kubikfuß noch auf diesen Klippen zu finden; er war stark abgerundet, und eine tiefe und breite Furche ging von diesem Blocke gegen West; gegen Osten vom Blocke setzte eine viel schmalere Furche sich weiter fort. Ich hatte hier offenbar einen großen Steinblock auf seinem Wege angetroffen, wo er, von der Fluth verlassen, nur zum Theil einen früher gebahnten Weg erweitert hatte. Ich möchte hier noch ein anderes Phänomen anführen, welches in einer, wenn auch weniger wichtigen Verbindung mit den Streifen und Furchen steht. Eine große Furche war nämlich in der Mitte ihrer Längenerstreckung durch einen großen Felsblock unterbrochen. Dieser Block war noch kein Geschiebe, er saß noch fest eingeklemmt im Gestein, und die Furche, die er unterbrach, setzte sich auf seinem 3 Fuß höher liegenden Rücken fort. Es war offenbar ein durch Erdbeben losgebrochener und emporgeschobener Stein, den der Wellenschlag, wenn die Schere demselben nicht entzogen wäre, mit der Zeit ganz würde losgebrochen und langsam gegen Osten fortgeschoben haben. Es war ein sehr klares Beispiel einer der Umstände, welche das Vorkommen von Blöcken auf den Scheren bedingen.

Verläßt man die Umgegend von Gothenborg, so

verläßt man darum noch nicht die gestreiften und gefurchten Felsen; sie begleiten den Reisenden im Thal der Göthaelv bis nach Trolhätta, und in der großen Ebene des mittleren Schwedens, welche durch das System der Seen bezeichnet wird, sind sie überall wieder anzutreffen. Ueberall aber findet man die Scherenform gleichfalls wieder, und daß jener Theil Schwedens vor einer nicht sehr lang verflossenen Zeit vom Meere bedeckt war, sieht man aus den Salzpflanzen und sehr schwachen Salzquellen, die hin und wieder auf diesen Ebenen noch vorkommen, wo weder Steinsalz noch Gyps bekannt sind, noch nach irgend einer Analogie erwartet werden dürfen. Doch tritt auf dieser Wanderung von West gegen Ost nach und nach eine Veränderung ein, die nicht unbeachtet bleiben darf. Die Klippen, die in der Gegend von Gothenborg noch fast ganz nackt sind, bekleiden sich mehr und mehr mit Vegetation, je weiter man sich von der Küste entfernt, und in demselben Maasse finden sich mehrere lose Steine auf den Felsen, so wie auch die Anzahl der gestreiften Felsen abnimmt. Es sind dies, meiner Meinung nach, vollkommen zusammengehörigen Erscheinungen. Hat das Wasser nämlich nur während einer kurzen Zeit auf die Klippen einwirken können, so hat es auch nicht die Steine hinabschieben und nicht deren Spuren in den Felsen einschleifen können. Man ist aber, wie mir scheint, berechtigt anzunehmen, daß die Hebung Scandinaviens in früheren Zeiten schneller vor sich gegangen ist, so daß also an vielen Orten die Klippen schneller der Einwirkung des Wellenschlages entzogen worden sind.

Man muß noch die Frage aufwerfen, woher denn die Blöcke, welche der Wellenschlag auf der geneigten Fläche hinabschiebt, kommen mögen; denn um die senkrechte Seite und die abgeschliffene Oberfläche dieser Klippen zu erklären, bedarf man nichts als Wasser. Das Wasser kann aber keine Streifen in die Felsen einschleifen, dazu gehört ein fester, harter, schwerer Körper, dazu

gehören nothwendigerweise Blöcke, die fortgeschoben werden. Wenn man beobachtet, wie sich die Welle gegen ein niedriges felsiges Ufer bricht, so sieht man, daß die Spitze der Welle überschlägt, und wie eigentlich die ganze Kraft der Welle sich so zu sagen in der Spitze concentrirt. Die Deiche an der Westküste der Herzogthümer Schleswig und Holstein werden bei hohen Fluthen in der Regel nicht von Aufsen, sondern von Innen angegriffen und durchbrochen; sie leiden selten eher, als bis die Welle überspült, und nun an der inneren Seite den festen Thon wegnagt. Ich habe auf den Färöern ein großes Stück basaltischen Dolorits gesehen, welches der Wellenschlag im Winter vorher, nach der Aussage der Einwohner, aus dem festen Gestein losgebrochen und auf die höhere Schicht hinaufgeworfen hatte. Wäre diese Felsenparthie eine Schere gewesen, so würde der Wellenschlag den Block langsam vor sich her getrieben haben.

Das Hauptmaterial, welches der Wellenschlag vor sich hertreibt, sind indessen nicht die auf diese Weise losgebrochenen Blöcke, sondern die, ich möchte sagen, ursprünglich abgelösten Massen, die man noch im Innern von Schweden in unzähliger Menge auf den nicht gestreiften und gefurchten Felsen liegen sieht, und welche höchst wahrscheinlich bei sehr frühen, höchst unregelmäßigen Hebungen durch das Zertrümmern des Felsens entstanden sind. Ausser diesen Ursachen ist das vom Wellenschlage verarbeitete Material sicher noch durch spätere Erdbeben vermehrt, nach Analogie des vorgeschobenen Felsens bei Gothenborg, so wie durch die zerklüftende und hebende Wirkung des Frostes. Es sind nun noch einige Eigenthümlichkeiten der gestreiften Klippen zu erklären; zuerst wie es geschehen kann, daß die breiten Furchen wieder gestreift sind, indem es scheint, als ob zum Einschleifen der feinen Streifen ein größerer Druck gehört, als man den kleineren Steinen zuschrei-

ben kann. Ferner ist es schwierig den Parallelismus tiefer und feiner Streifen auf einem Felsen zu begreifen, wenn man bedenkt, daß wenn auch die Verschiedenheiten in der Richtung des Wellenschlages bei großen schweren Steinen gegen die Hauptrichtung verschwinden, dieß doch nicht bei kleineren Steinen der Fall seyn könnte. Ich meine alle diese Schwierigkeiten werden gehoben, wenn man bedenkt, daß die Zeit der Stürme besonders in den Winter fällt, daß die über einen festen Gegenstand schlagende und an demselben gebrochene Welle in der Kälte gefriert, und durch die so gebildete Eiskruste die Steine verbindet und so ihr Gewicht bedeutend vermehrt. Hiezu kommt noch das Zusammenschrauben und Aufthürmen der im Meere schwimmenden Eisschollen, wenn sie gegen die Küste getrieben werden, wie wir es fast jeden Winter im Sunde beobachten können. Der Hr. Dr. Pingel hat dieses Ueberspülen der Eisschollen an den Scheren der grönländischen Küste beobachtet, und es muß wohl überall stattfinden, wo ähnliche Bedingungen sich zeigen, selbst wo die Kälte viel weniger bedeutend ist als dort.

Nimmt man diese Erklärungsweise aller beschriebenen zusammengehörigen Phänomene an, so begreift man, wie sich das Material in der Nähe der Orte, wo es losgebrochen ist, ansammeln und in Hügelzüge abgelagert werden konnte.

Es bleibt nun noch ein Phänomen zu berücksichtigen, welches Böhrling anführt, und welches ich als eine wichtige Bestätigung meiner Ansicht betrachte. Im nördlichen, gegen das weißse Meer gewandten Theile der skandinavischen Urgebirgsmasse ist die senkrechte Seite der gestreiften Klippen nicht gegen Süden gewandt, sondern gegen Norden. Es ist hier der Wellenschlag des Eismeeres, welcher das Phänomen veranlaßt hat, so wie es weiter südlich der Wellenschlag der Ost- und Nordsee war. Keilhau hat auch schon darauf aufmerksam

1) S. Annal. Bd. LII S. 641.

gemacht, daß man zufolge der Sefström'schen Theorie nun nicht länger nach diesen Beobachtungen annehmen darf, daß die petridelaunische Fluth vom Nordmeere ausgegangen ist, sondern irgend einen Punkt im nördlichen Norwegen als Ausgangspunkt betrachten muß. Man begreift nach meiner Ansicht auch, warum die Streifen in den höheren Gegenden Norwegens keine Regelmäßigkeit zeigen, sondern nach allen Himmelsgegenden gewandt sind. Es waren die ersten Scheren, die sich aus dem großen nordischen Meere erhoben, wo der Wellenschlag bald von der einen und bald von der andern Seite kam.

Vergleichen wir überhaupt die Richtung der Streifen an den Orten, wo wir sie genauer kennen, so ergibt sich, daß sie in einem bestimmten Verhältnisse zu den Theilen der benachbarten Meere stehen. So sind die Streifen zwischen dem Calmarsunde und Norkjöbing alle von Südost nach Nordwest, und im südlichen Theile von Schweden im Durchschnitt von Süden gegen Norden gerichtet; bei Varberg und Kongsbakka, am Kattegat, sind sie Südwest und Nordost, bei Gothenborg fast ganz Ost und West, eben so bei Udevalla und Strömstadt, also an der ganzen östlichen Seite des Kattegats. An der norwegischen Seite desselben Meerbusens sind die Streifen bei Tvedestrand, und von da hinauf nach Förresvand, und in der ganzen Gegend Südost und Nordwest, bei Laurvig und Frederiksvärn, wo die Küste sich mehr gegen Osten wendet, werden sie fast ganz nördlich. Der Zusammenhang mit dem großen Meerbusen zwischen Norwegen und Schweden ist unverkennbar, und man hat nur zu wählen, ob man die Bewegung vom Lande aus gegen den Meerbusen sich denken will, oder vom Meerbusen aus gegen das Land. Aus den früher angeführten Gründen betrachte ich die letztere Ansicht als die richtigere.

Die übrigen, mit den gestreiften Klippen in Verbin-

dung stehenden Phänomene, namentlich die Abweichung der Streifen und die Riesentöpfe, sind im Vergleich mit dem Hauptphänomen so unbedeutend, daß sie für die Hauptfrage wenig in Betracht kommen. Ich habe mehrere derselben beobachtet, namentlich den großen Riesentopf in der Nähe des Wasserfalls von Trolhätta, und einen andern auf der Insel Hestholm in der Nähe von Stockholm. Ihr Zusammenhang mit einer großen Fluth ist mir nicht klar geworden, und eben so wenig bin ich im Stande ihre Verbindung mit dem Wellenschlage an den Scheren zu construiren. Es ist mir indessen wahrscheinlich, daß die gegen die senkrechte Seite der Scheren sich brechende Welle in der Tiefe wohl solche Wirbel hervorbringen könnte, wodurch Steine unter günstigen Umständen den Boden topfförmig ausschleifen könnten. Daß ganz eigenthümliche Bedingungen dazu gehören, ergibt sich schon daraus, daß sie, im Verhältniß zu den übrigen Erscheinungen, selten sind.

Ich muß die Möglichkeit anerkennen, daß Beobachtungen in dem übrigen viel größeren Theile der scandinavischen Urgebirgsmassen diese meine Ansicht widerlegen können. Doch habe ich Gelegenheit gehabt, mehrere Hunderte von einzelnen Vorkommnissen zu beobachten und viele genauer zu studiren, und habe mich überzeugt, daß im mittleren Theile von Schweden die einzelnen Thatfachen sich der entwickelten Ansicht anschließen, und es bleibt mir daher nur übrig zu zeigen, wie eine wirkliche Wasserfluth auf die Absetzung der Hügelzüge von Geröll und Sand einen wesentlichen Einfluß gehabt hat. Ich habe diese Darstellung schon im Jahre 1824 nach meinen Beobachtungen in Dänemark bekannt gemacht, und habe, mit Rücksicht auf Dänemark, wenig zu berichtigen, wogegen sich in der Darstellung des Ursprunges dieser Wasserbewegung im bottischen Meerbusen Fehler eingeschlichen haben, die von meinem Mangel an Localkenntnissen herrührten.

Ich habe schon früher darauf aufmerksam gemacht, daß die große Strecke des mittleren Schwedens, die durch den Mälar-, Hjelmar-, Wetter- und Wener-See bezeichnet wird, überall Spuren von einer späten Meeresbedeckung an sich trägt. Südlich von dieser Strecke liegen die viel größeren Höhen von Smaaland, so daß diese Parthie durch den breiten Sund, welcher die jetzige Ebene der Seen einnimmt, vom nördlichen Schweden getrennt ward und für sich eine Insel bildete. So stand also der baltische Meerbusen mit dem Kattegat in unmittelbarer Verbindung, und das salzige Wasser bis in den baltischen Meerbusen hinaufreichte, zeigt der große Äs von Gefle und Stockholm, der Salzwasser-Versteinerungen führt. Der baltische Meerbusen stand aber auch in Verbindung mit dem weißen Meere, wo von Uleaburg aus sich eine große Niederung bis an's Ufer hinzieht. Ich verdanke dem Hrn. General Lafrén in Stockholm die Nachricht, daß, der Saga zufolge, diese Verbindung auf Flüssen vermittelt Böte noch im Anfang des vorigen Jahrhunderts benutzt wurde. Norwegen und der nördliche Theil von Schweden waren also früher gleichfalls von Finnland getrennt, und eine unmittelbare Wasser-Verbindung fand statt vom weißen Meer durch den baltischen Meerbusen und den nördlichen Theil der Ostsee bis in's Kattegat. Es mag diese Verbindung vielleicht erklären, warum die fossilen Schaalthiere der Westküste von Schweden und der Nordküste von Jütland im Ganzen einen mehr nordischen Charakter haben, als die noch lebenden Individuen des Kattegats in diesem Augenblick zeigen; aber andere Ursachen, die ich an einem andern Orte schildern werde, müssen auch dazu beigetragen haben. Die langsame und dauernde Hebung Scandinaviens mußte dieses Verhältniß der Dinge nach und nach verändern, indem die Verbindung des baltischen Busens mit dem Weltmeere vermindert und am Ende ganz aufgehoben wurde. Die Wassermasse, welche die gesamm-

ten Flußsysteme des nördlichen Schwedens, Finnlands und eines Theils des nördlichen Rußlands beständig in's baltische Meer bringen, mußte sich einen Ausweg schaffen, entweder gegen Norden in's weiße Meer oder gegen Westen in's Kattegat; an beiden Orten aber trat eine mächtige Granitwand hindernd entgegen, so daß nur die südliche Wand, welche gänzlich auf den weichen, sandigen und wenig zusammenhängenden Gesteinen des silurischen Uebergangsystems bestehen, den einzigen Durchgang darbot. Der Durchbruch dieses Gebirges mußte einen mächtigen Strom von Nord bis Süd veranlassen, und der tiefe Einschnitt an der preussischen Küste, welcher den Meerbusen von Königsberg bildet, scheint diesem Durchbruche zu entsprechen. Der Hauptstrom mußte durch die zurücktretende Welle seitwärts gegen Südwest abgelenkt werden, und hat auf der Insel Bornholm, welche sich dieser Wasserbewegung entgensetzte, bis zu einer Höhe von 250 Fufs ihre Spuren hinterlassen. Bis zu der Höhe nämlich ist der ganze granitische Boden der Insel mit einem fetten mergeligen Thon bedeckt, welcher voller Bruchstücke silurischer Gebirge aller Art ist, gerade wie sie auf Gothland und Oeland noch anstehen. Die Fortsetzung dieses südwestlichen Stromes entspricht dem Durchbruche zwischen Rügen und Mön und dem tief eingeschnittenen Busen von Lübeck. Die vom festen Lande zurückprallende Wasserwelle mußte mit den vorwärts schreitenden Wellen eine diagonale Richtung gegen Norden annehmen, und ein Blick auf die Karte zeigt, wie die Meerbusen der östlichen Seite der cimbrischen Halbinsel je weiter gegen Norden eine immer mehr nördliche Richtung annehmen, bis sie endlich ganz nördlich in dem sogenannten Kallövig aufhören. Es ist immer mißlich, solche Wasserbewegungen nach den Einschnitten der Länder auf der Karte zu construiren; allein ich bin im Stande nach genauen Local-Untersuchungen die einzelnen Wirkungen

der Fluth nachzuweisen. Die kleineren dänischen Inseln im westlichen Theil der Ostsee, Fehmern, Laland, Falster, Langeland, Alsen, Årön und die unzähligen, noch viel kleineren Inseln, südlich von Fühnen, bestehen alle aus dem fettesten Thonboden, wie er sonst nur fleckenweise in den übrigen Theilen des Landes vorkommt. Ich betrachte sie als mächtige Thonlager des Geschiebethons, welche eben dieser Beschaffenheit halber dem bewegten Wasser einen gröfseren Widerstand geleistet haben. Der Sand ist weggespült, der Thon ist geblieben. Das südliche Seeland hat mit einiger Ausnahme dieselbe Beschaffenheit; im nördlichen Seeland dagegen kommen enorme Massen von Geschiebesand vor, welche ein hügeliges Land bilden, wo in der Tiefe der Geschiebethon mit seinen Mergellagern zum Vorschein kommt. Am nördlichen Ufer des Lübecker Meerbusens, im sogenannten Lande Oldenburg, zieht sich eine Hügelkette von Geschiebesand parallel mit dem Meerbusen bis in's Innere von Holstein, und so hat jede der tiefen Fördrden, die treffliche Häfen bilden, an beiden Seiten eine Masse von Geschiebesand, welche als der Absatz des bewegten Wassers an den ruhigeren Stellen erscheinen. Da wo die Fördrden im Innern der Halbinsel endigen, finden sich wieder mächtige Ablagerungen von Geschiebesand, und auf dem übrigen ebenen Theil der Halbinsel, welcher schwach gegen Westen geneigt ist, findet sich eine dünne Schicht desselben Geschiebesandes gleichförmig ausgebreitet. Auf der östlichen Halbinsel von Jütland, wo das Städtchen Greenae liegt, ist im Ganzen noch der Geschiebethon herrschend, aber nördlich davon finden sich, gerade wie im nördlichen Seeland, mächtige hügelige Lager von Geschiebesand bis an den Liümfjord, und auch hier tritt in den tiefen Thälern der Geschiebethon wieder hervor. Auf den Theilen von Seeland, Fühnen und Jütland, welche weit in's Kattegat hineinragen, wo, wie es scheint, das Wasser des Kattegats mit diesem Strom

aus der Ostsee zusammengetroffen ist, und nur da finden sich jene schon früher beschriebenen runden Hügel, welche ich als das Resultat von mächtig gegen einander ankämpfenden Strömungen bezeichnet habe. Es ist nicht ausgemacht, ob Dänemark schon völlig aus dem Meere gehoben war, als diese Wasserbewegung eintrat, und noch weniger kann man eine bestimmte Meinung äußern über die Frage, ob das Land zur Zeit jenes Stromes von Menschen bewohnt worden sey; man hat noch niemals weder Ueberreste von Menschen oder Kunstproducten, oder selbst von Landthieren in den dieser Periode angehörigen Schichten gefunden. Diese Fluth ist dadurch wesentlich verschieden von einer späteren großen Ueberschwemmung, die, vom Westmeere ausgegangen, unzählige alte Grabhügel zerstört hat. Inzwischen scheint, nach der Bemerkung des Professors Steenstrup, die Edda, die älteste nordische Götterlehre, Andeutungen von dieser Katastrophe zu enthalten. Gefion, sagt die Edda, hatte von Odin die Erlaubniß erhalten, ein Stück Landes mit der Pflugschaar für sich zu bezeichnen. Sie reiste darauf nach Finnland, woher sie Ochsen mitbrachte, und pflügte nun aus dem See Wenern die Insel Seeland heraus. Es ist gern möglich, daß diese Mythe in gar keiner Verbindung mit den neulich angedeuteten Phänomenen steht. Möglich ist es aber auch, daß, wenn auch nicht Dänemark, so doch einzelne Theile von Schweden damals schon bewohnt waren, und in der Saga dunkle Erinnerungen jenes Phänomens aufbewahrt sind. Beobachtungen auf Bornholm, deren Hauptresultate in diesen Annalen angeführt sind, bezeichnen die Periode des Schlusses dieses letzten Abschnitts unserer Geschiebeformation bis zu 4 bis 5 Tausend Jahren vor der gegenwärtigen Zeit.

XI. Ueber die alterthümliche Anfertigung leichter Steine aus einer weissen (wahrscheinlich Infusorien-) Erde auf der Insel Rhodus, und deren historische Verwendung zum Bau der berühmten Kuppel der Sophien-Kirche in Constantinopel; von C. G. Ehrenberg.

(Aus den Monatsberichten der Academie, Febr. 1843.)

Dafs die berühmte Kuppel der Sophien-Kirche in Constantinopel unter dem Kaiser Justinian aus gewissen leichten Steinen erbaut worden sey, ist von alten Schriftstellern berichtet und wohl nie in Zweifel gezogen worden; allein die näheren Umstände dieses Baues sind so interessant, dafs es dem Verf. erlaubt seyn möge, dieselben in Erinnerung und in eine neue wissenschaftliche Fruchtbarkeit zu bringen.

Viele Baumeister und wissenschaftliche Techniker der neueren Zeit mögen sich mit dem Gedanken beruhigt haben, dafs jener colossale Bau der frühesten christlichen Zeit aus Bimstein oder aus gewöhnlichen gebrannten Ziegelsteinen ausgeführt worden sey; allein schon der französische General-Inspector der Brücken-, Chausseen- und Hafenbaue Sganzin sagt in seinen Vorträgen über Architectur (*Programmes ou Résumés des leçons d'un cours de construction. Edit. III, 1821, p. 18*), jedoch nur sehr kurz und ohne weitere Begründung, dafs es wohl schwimmende Bausteine der Art gewesen wären, wie sie in neuerer Zeit von Fabroni und Faujas in Frankreich nachgemacht worden wären.

Diese Meinung eines tüchtigen neueren Baumeisters regte den Verf. an, diesen Gegenstand weiter zu verfolgen. Beim Aufsuchen der dort nicht angegebenen Quellen und Gründe für die Meinung, welche in den

byzantinischen Schriftstellern zunächst zu suchen waren, leitete den Verf. der Custos der Königl. Bibliothek, Hr. Dr. Pinder, sogleich sehr glücklich auf den Codinus und die neueste durch Hrn. Im. Becker unter der Auctorität dieser Academie besorgte vortreffliche Ausgabe des Paulus Silentarius mit seinen Commentatoren. Hr. E. hat nun diese und andere griechische Schriftsteller der christlichen Zeit selbst verglichen, und folgende kurze Uebersicht jenes Baues und seines Materials, so weit dieses den organischen Stoff betrifft, aus allen zugänglichen Quellen zusammengestellt.

Nachdem der christliche Haupttempel, welchen Kaiser Constantin in Constantinopel unter dem Namen der Sophien-Kirche erbaute, mit seinen prächtigen, wie es heist, 437 Säulen durch die blutige, nach dem Parole-Worte der Aufrührer Nika genannte Empörung des Hypatius im Jahre 532 am 15. Januar, dem 5. Jahrestage der Regierung des Kaisers Justinian, durch fünf Tage lang währende Verwüstung und Brand zerstört worden war, begann dieser Kaiser, nach Dämpfung des Aufruhrs, noch in demselben Jahre einen neuen, weit prächtigeren Bau der Hauptkirche, der als Epoche machendes Denkmal der Baukunst unter dem Namen der Sophien-Kirche und später der Hauptmoschee in Constantinopel jetzt noch bewundert wird.

Die Specialnachrichten über diesen Bau und die Reparaturen sind bei den zahlreichen griechischen byzantinischen Schriftstellern merkwürdig vollständig, obschon einige interessante Specialangaben nicht aus der Zeit Justinian's selbst direct herrühren.

Baumeister waren nach den Berichten der Zeitgenossen (nach Procopius, Agathias, Paulus Silentarius) Anthemius von Tralles in Lydien und Isidorus von Miletus in Jonjen. In der ersten Stunde des 23. Februar 532 nach christlicher, im 6040 Jahre der Welt nach griechischer Rechnung, also schon in der

6. Woche nach der Zerstörung, geschah der Anfang des Baues. Die Einweihung der vollendeten Kirche geschah (nach Theophanes) vom Patriarchen Mena (am Tage) vor Weihnacht (am 24. December) 537. Beim Eintritt in den Tempel rief der Kaiser Justinianus in Beziehung auf den Salomonischen Tempelbau: Gelobt sey Gott, mit dessen Hülfe ich das Werk vollbracht! Salomo du bist besiegt durch mich! *Νενίκηκά σε Σολομών.*

Als das auffallendste und großartigste im Bau dieses Tempels ist zu allen Zeiten die Kuppel angesehen worden, welche den Tempel in einer Höhe von 180 Fufs, also fast in doppelter Höhe des Berliner Königl. Schlosses wölbte, die (nach Euagrius) 75 Fufs im Durchmesser und dabei nur 38 F. Wölbungshöhe hatte.

Um diess zu erreichen, hatten die Baumeister den Kaiser, welcher das beste Material aus allen Erdgegenden herbeischaffen liefs, veranlaßt, dafs er (nach Codinus und dem *Anonymus de antiquitatibus constantinopolitanis*) seinen Kammerherrn (*κουβικουλάριον*) Troilus, den Patricier und Befehlshaber (*πατρίκιον καὶ ἑπαρχον*) Theodorus und den Schatzmeister (*κοιναίτωρα*) Basilides nach Rhodus sandte und die Beschaffung ganz leichter Ziegelsteine von gleichem Gewicht und gleicher Gröfse (*παμμεγέθη*) aus einer weifsen Erde übertrug. Auf jeden Stein setzten sie ein Siegel mit der Inschrift: *Gott ist mitten in ihr, sie wird nicht erschüttert werden. Gott wird sie schirmen von einem Morgen zum andern* (*Ὁ θεὸς ἐν μέσῳ αὐτῆς καὶ οὐ σαλευθήσεται. βοηθήσει αὐτῇ ὁ θεὸς τὸ πρὸς πρωὶ πρωί.*), was sich wohl auf den täglichen Hauptgottesdienst am frühen Morgen und die damals häufigen Erdbeben bezog. Solche Steine waren, nach Codinus ¹⁾, fünf Mal

1) Ὁ δὲ σαθρὸς τῶν πέντε βησάλων ἐκείνων ἐνὸς βησάλου ἡμετέρου εὐρίσκειται διὰ τὸ εἶναι ἐκεῖνα κοῦφα καὶ σπογγώδη καὶ λεπτά καὶ λευκά. ἔξ οὗ παρὰ τῶν ιδιωτῶν φέρεται λόγος ὅτι ὁ τροῦλος κισσηρινὸς ἐστίν· οὐκ ἔστι δέ, ἀλλ' ἑλαφρὸς ὁ πηλὸς καὶ λευκός. μετ'

leichter als die gewöhnlichen Mauersteine, nach dem *Anonymus* waren sie zwölf Mal leichter. Der Lehm (*πηλός κεῖνος*) war ein ganz leichter Lehm, und die Steine (*βήσαλα*) waren (8zöllig) leicht und weisfarbig. Man nannte deshalb das Gewölbe ein Bimsteingewölbe; das war aber nicht richtig, sagen jene alten Schriftsteller selbst (*Codinus* und der *Anonymus*), obschon dasselbe sehr leicht war. Man baute erst vier große Bögen aus demselben Materiale, dann die Ausfüllung. *Agathias* als Zeitgenosse *Justinian's* sagt: »Der Kaiser wölbte den Tempel mit gebrannten Steinen und Gyps (*ἐκ πλίνθου ὀπτῆς καὶ τιτάνου*) und verband es mit vielem Eisen. Holz wurde gar nicht verwendet, damit er nicht leicht vom Feuer zerstört werden könne.«

Im 32. Jahre der Regierung *Justinian's*, 557 nach Christo, also im 22. Jahre nach Vollendung und Einweihung der Kirche, hatte die Kuppel, wie *Theophanes* im Jahre 570 berichtet, durch häufige Erdbeben Risse bekommen (*ἦν γὰρ διεσπρηγμένος ἐκ τῶν γενομένων σεισμῶν*), und am 3. Mai 557, in der fünften Stunde, stürzte der östliche Theil dieser Kuppel ein und zertrümmerte die schöne künstliche Altardecke (*κιβώριον*), den Altar, die Kanzel und die kostbare Mosaik des Fußbodens.

Justinian trug, da die vier großen Bögen und der Unterbau unbeschädigt waren, dem Brudersohne des *Isidor*, dem jüngern *Isidor* von Miletus, die schleunige Wiederherstellung der Kuppel auf. Der Kaiser schickte (wie *Codinus*, welcher 995 schrieb, berichtet) wieder nach Rhodus, und ließ aus derselben Erde wieder Ziegelsteine brennen und sie mit demselben Siegel bezeichnen. Am 24. December des 36. Jahres *Justinian's*, also 561, d. i. vier Jahre nach dem Einsturz, wieder am Tage vor Weihnacht, weihte der Pa-

αὐτοῦ δὲ ἐξήγειρε τὰς τέσσαρας ἀψίδας εὐμεγέθεις, εἶθ' οὕτως τὸν τροῦλον ἀνὰ δώδεκα τιθέντες βησάλων.

triarch Eutychius die Kirche von Neuem ein, und Paulus Silentiarius, der reiche und angesehene christliche Dichter jener Zeit, machte das zu uns gekommene Festgedicht in griechischer Sprache, welches in drei Abtheilungen, im Palast des Kaisers, im Haus des Patriarchen und im Tempel (vor fast 1300 Jahren) recitirt worden ist. Es spricht in hoher Begeisterung über die Pracht des Baues, von dem unheilvollen Einsturz und der raschen Wiederherstellung, auch von den gebrannten Ziegeln (*ὀπταλέαις πλίνθουσιν*, v. 473) als Baumaterial.

Es scheint, daß man erst beim zweiten Bau der Kuppel (wie es der *Anonymus* berichtet) zwischen jedem Aufbau von zwölf Steinhöhen, deren Mörtel man vielleicht erst abtrocknen liefs, öffentliche Gebete für die Festigkeit der Kirche sprach und in je einem Steine jeder zwölften Reihe ein Loch aushöhlte, worin man Reliquien verschiedener Heiligen einschlofs, bis die Kuppel vollendet war. Das Gerüst für diese Arbeit allein kostete (nach dem späteren Schriftsteller Glykas) 10 Centenaria, d. i. 50000 Gulden. Der erste Grundbau der Kirche bis 2 Ellen über der Erde kostete, nach Codinus, 452 Centenaria Goldes.

Diese zweite Kuppel wurde von Isidor II., nach Zonaras und Agathias, um 25 Fufs höher gebaut, aber etwas zugespitzt, um sie haltbarer zu machen. Unrichtig wohl sagt Codinus, daß sie niedriger gemacht worden sey.

Zum zweiten Male stürzte die Kuppel, welche das Erdbeben von 732, wo die Irenen-Kirche zusammenfiel, überdauert hatte, im October des griechischen Jahres 6494, d. i. 986, bei einem neuen sehr furchtbaren Erdbeben ein, und diels reparirte, nach Glykas, der Kaiser Basilius Bulgaroctōnus, welcher von 975 bis 1025 regierte. Nach Codinus müfste jedoch dieser Einsturz einige Jahre später gewesen seyn, da dieser sagt,

dafs man jetzt, nach 458 Jahren seit Erbauung der Kirche, noch die zweite Kuppel sehen könne, woraus hervorgeht, dafs sie im Jahre 995 noch stand, und dafs in diesem Codinus auch schrieb.

Ein dritter Einsturz von zwei Drittel der Decke der Kirche erfolgte ebenfalls durch Erdbeben im Jahre vor der Einnahme Constantinopels von Johannes Cantacuzenus, welche Einnahme am 6. Januar 1347 stattfand, also 1346. Die Kaiserin Anna und ihr Verdränger Cantacuzenus als Kaiser, sammt seinem Mitregenten Palaeologus stellten sie mit Hülfe der Baumeister Astras und Johannes Perarta wieder her, wie Cantacuzenus selbst berichtet.

So ist es denn zwar ungewifs, ob die heutige Kuppel dieser Kirche wieder mit demselben Materiale reparirt worden ist, welches sicher zwei Mal zu ihrer Ausführung gedient hatte; allein da die Kuppel nur immer theilweis beschädigt wurde, ist es fast wahrscheinlich, dafs auf oben angegebene justinianische Weise bezeichnete Steine im Bau derselben noch vorhanden sind, aus denen sich auch erkennen lassen würde, ob wirklich, was kaum zu bezweifeln ist, und welche Infusorien-Arten der christlichen genialsten Architectur diesen frühen Dienst erwiesen.

Ob das Pitäne Asiens, wo man, nach Strabo, schon vor Christi Geburt schwimmende Bausteine aus einer sonderbaren Erde backte, und welches Strabo ausdrücklich als das in Aeolien bezeichnet, nicht vielleicht doch ein anderer gleichnamiger kleiner Küstenort (denn es gab mehrere Orte gleiches Namens) in der Nähe von Rhodus war, dessen Erde nur auf Rhodus, der leichteren Verschiffung halber, verarbeitet wurde? Oder ob das von den Byzantinern genannte Rhodus nicht eine ganz andere kleine Insel in der Nähe des äolischen Pitäne war? Oder ob es wirklich ein bisher noch unbekanntes groses Lager von Infusorien-Erde eben so wie

bei Pitäne in Aeolien auch auf der Insel Rhodus gab, deren geschichtliche vulkanische Entstehung und Erhebung Plinius, II. c. 87, anzeigt, bleibt der weiteren Nachforschung offen, und wird von nun an als einer wissenschaftlichen festen Begründung fähig erscheinen. Folgt man jedoch den wörtlichen Nachrichten der alten griechischen Schriftsteller, so gab es auf Rhodus ein bisher unbekanntes solches Lager, das kein unplastischer Meerschäum seyn konnte.

Dafs die drei Baumeister der Sophien-Kirche sämmtlich aus Klein-Asien gebürtig waren, spricht nicht wenig für die Verwendung des von ihnen schon durch Posidonius, Strabo, Vitruv und Plinius berühmt gewordenen Materials, dessen althistorisches, von Fabroni aufgefundenes Lager in Toscana der directen Untersuchung des Verf. zugänglich gewesen ist. (Siehe die Infusionsth. als vollendete Organismen, 1838, p. VII und d. Monatsbericht der Acad. 1842, p. 132.)¹⁾

Uebrigens werden diese Steine von den gleichzeitigen Schriftstellern gebrannte Ziegel (*πλίνθοι ὀπτὰι*) genannt, von den etwas späteren aber *βήσαλα κοῦφα*, d. i. *leichte Zweidrittel-Backsteine*. Das nur byzantinische Wort *βήσαλα* ist, wie schon bekannt, lateinischen Ursprungs, und kommt von der architectonischen, um Christi Geburt bei Vitruvius schon angewendeten Bezeichnung *bessales laterculi*, wo es deutlich das Szöllige Verhältniss anzeigt. Daher sind auch die Worte *βήσαλα παμμεγέθη σαθμὸν ἔχοντα ἐπὶ ἴσης* bei Codinus wohl nicht, wie bisher immer geschehen, zu übersetzen: „*sehr grosse Mauersteine von gleichem Gewicht*“ (denn Codinus braucht für die Bezeichnung „groß“ *παμμεγέθης* sonst nicht, oft aber *εὐμεγέθης*), sondern es ist wohl zu übersetzen: „(Szöllige) Mauersteine von *genau gleicher Grösse* und gleichem Gewicht“ (so wie *παμψηφει* einstimmig heisst), indem die alten Schriftsteller darin übereinkommen, dafs die sehr genaue und gute Arbeit,

1) Annalen, Bd. LVI S. 505.

wie auch das Siegeln aller einzelnen Steine anzeigt, eine Haupt-Vorschrift beim Bau war. So nahmen sie auch, nach Codinus, kein Wasser, um den Mörtel anzurühren, sondern Gerstenabsud aus großen Kesseln, den sie mit Gyps, (zerstossenen) Muscheln und Ulmenrinde mischten, und lauwarm verwendeten, was die Steine wie Eisen zusammenhielt. Zum äusseren Bewurfe wurde, nach Codinus, Kalk mit Oel, anstatt mit Wasser, gemischt.

Noch ist wohl nützlich zu erwähnen, daß Perotto in seinem *Cornucopiae linguae latinae* berichtet, die Alten hätten die schwimmenden Bausteine Pithachnas oder Pithacnas (πιθάχνας, ἀπὸ τοῦ πίθου) Tönnchen, genannt. Simon Stratico in den Anmerkungen zum Vitruv nennt dies Träumereien (*dormitat Perottus*). Dennoch ist es unwahrscheinlich, daß der gelehrte Perotto keine Gründe für seine Meinung gehabt haben sollte. Aus Steinen von Pitäne ist kein Bauwerk bekannt, und warum sandte Justinian nicht nach Pitäne, das näher lag, sondern nach dem über See doppelt so weit entfernten Rhodus? Leicht konnte auch Strabo, den die übrigen Schriftsteller nur abgeschrieben haben, durch den ihm räthselhaften Namen der Steine auf die Stadt Pitäne irrig geleitet worden seyn, und jene, zu seiner Zeit bekannte, angeblich asiatische Masse konnte eben so zu Rhodus gehören. Bezeichnete vielleicht das Wort *πιθάχνη*, Tönnchen, die hohlen Töpfe, welche anstatt jener leichten Steine in den Gewölben mancher alten Bauwerke gefunden und auch jetzt benutzt werden, und kam so Pitäne zum unverdienten Rufe, welcher Rhodus gebührte?

So wären denn die rhodische Erde und die ruhmvolle Sophien-Kirche zu Constantinopel wohl doch nun beachtungswerthe und weiter zu verfolgende Zeugen des einflusvollen Wirkens jenes unsichtbar kleinen organischen Lebens, von welchem der Academie schon so oft Bericht erstattet worden ist.

XIII. Ueber den aufsteigenden Luftstrom in der Atmosphäre.

[Aus Péclet, *Traité de physique*, T. I p. 576. — Durch Hrn. v. Humboldt auf vorliegende Notiz aufmerksam gemacht, übergebe ich sie den Lesern der Annalen, da sie mir beachtenswerth zu seyn scheint, in sofern sie einen bisher nicht allgemein berücksichtigten, aber auch freilich nicht einer genauen Berechnung fähigen Umstand bei der aufsteigenden Luftströmung zur Sprache bringt. P.)

Man weiß, daß die Temperatur der Luft abnimmt, so wie man sich von der Erdoberfläche erhebt. So ging bei der Luftreise des Hrn. Gay-Lussac, wo dieser berühmte Physiker bis 6979 Meter emporstieg, die Temperatur successiv von $+30^{\circ}$ C. auf $-9^{\circ},5$ C. über. Diese Temperatur-Abnahme erklärt sich leicht. Es werden nämlich die Sonnenstrahlen, welche die Atmosphäre durchdringen, zum Theil von der Luft absorbirt, und zwar mit deren Dichte in steigender Menge; überdies wächst die Temperatur-Zunahme, die daraus erfolgt, ebenfalls mit der Dichte; denn die Wärmecapacität nimmt zu, wenn der Druck abnimmt. Was die Ausstrahlung der Erdoberfläche betrifft, so ist leicht zu ersehen, daß sie in ähnlicher Weise wirkt, und von der Erdoberfläche aus eine abnehmende Temperatur herzustellen sucht. Diesen beiden Ursachen muß man noch die Strahlung des Himmelsraums und die gegenseitige Strahlung der Luftschichten hinzufügen, Ursachen, die indess die Vertheilungsart der Wärme, welche die beiden ersten herzustellen suchen, nicht abändern können.

Man könnte glauben, die Wärme verbreite sich auch in der Atmosphäre durch Ströme ähnlicher Art, wie sie in einem von unten erwärmten Gefäße voll Wasser entstehen; allein die Progression der Erkaltung in der Atmosphäre ist unverträglich mit diesen Bewegungen, denn

die warme Luft, welche in der Atmosphäre emporstiege, würde sich durch Ausdehnung erkalten, und wir werden sogleich sehen, daß die Progression dieser Erkal- tung weit rascher ist als die, welche in der Atmosphäre existirt, so daß die warme Luft der unteren Schichten der Atmosphäre sich nur bis zu einer gewissen Höhe er- heben kann (*de sorte que l'air chaud des couches infé- rieures de l'atmosphère ne peut pas s'élever, et que de l'air qui serait à une température élevée ne pourrait monter qu'à une certaine hauteur*), zu derjenigen, bei welcher die Temperatur, die sie durch Ausdehnung an- nähme, gleich wäre der Temperatur der Atmosphäre.

Nehmen wir als Beispiel die zuvor erwähnten Ver- suche des Hrn. Gay-Lussac, und suchen mittelst der Formel des Hrn. Poisson ¹⁾, welche Temperatur die Luft, die bei 30° C. und unter 0^m,76 Druck war, an- nehmen würde, wenn man sie in eine Höhe von 6979 Met. brächte, wo sie nach Gay-Lussac's Beobachtun- gen einem Druck von 0^m,328 unterworfen war. Man findet diese Temperatur = - 35° C., während sie in dieser Höhe nur - 9° ist. Mithin kann die Luft des Bodens von + 30° C. nicht bis zur Höhe von 6979 Me- ter aufsteigen.

Durch dieselbe Rechnung ersieht man leicht von den in unteren Regionen beobachteten Temperaturen ausgegan- gen, daß sie nicht einmal zu kleineren Höhen aufsteigen könnte. Zu derselben Folgerung führt auch diese Rechnung, wenn man sie auf alle gleichzeitig am Boden und auf hohen Bergen angestellten Beobachtungen anwendet, ob-

1) Nämlich:

$$p' = p \left(\frac{d'}{d} \right)^k \text{ und } \theta' = (267 + \theta) \left(\frac{d'}{d} \right)^{k-1} - 267,$$

wo θ und θ' die Temperaturen einer und derselben Gasmasse ent- sprechend den Drucken p , p' und den Dichtigkeiten d , d' bezeich- nen, und k das Verhältniß der specifischen Wärme unter constan- ten Druck zu der bei constantem Volum, oder die Zahl 1,42 ist. (S. Gilb. Ann. Bd. LXXVI S. 272)

gleich die Temperatur auf Bergen, wie wir weiter sehen werden, niedriger ist als in freier Atmosphäre in gleicher Höhe über den Ebenen. Man sieht ohne Mühe, daß Luft, die eine höhere Temperatur als die unteren Schichten der Atmosphäre besäße, bis zu einer gewissen Höhe steigen würde, zu einer desto größeren, als ihre Temperatur höher wäre, und daß man diese Höhe leicht in jedem besonderen Fall berechnen könnte.

Wollte man z. B. wissen bis zu welcher Höhe Luft von 100° C. am Tage der Luftreise des Hrn. Gay-Lussac gestiegen seyn würde, so müßte man mittelst der Formel des Hrn. Poisson eine Curve construiren, deren Abscissen die Spannkkräfte und deren Ordinaten die Temperaturen der aufsteigenden Luft vorstellten, und eine andere Curve, deren Abscissen die Spannkkräfte und deren Ordinaten die diesen Abscissen entsprechenden Temperaturen der Atmosphäre vorstellten. Die Abscisse des Durchschnittspunktes beider Curven wäre die der gesuchten Höhe entsprechende Spannkraft der atmosphärischen Luft.

Aus dem Obigen geht hervor, daß die Luft in den oberen Regionen der Atmosphäre, obwohl von niedriger Temperatur als die am Boden, bei gleichem Gewicht weit mehr Wärme enthält als diese; denn aus demselben Grunde, daß die Luft des Bodens bei Versetzung in eine gewisse Höhe daselbst vermöge ihrer Ausdehnung eine Temperatur niedriger als die der Luft in dieser Höhe annimmt, nimmt die Luft dieser Regionen, auf den Boden versetzt, hier eine höhere Temperatur an als die Luft daselbst besitzt. Luft z. B. von -9° C., genommen aus einer Höhe von 6979 Meter unter einem Druck von $0^m,328$, würde am Boden der Erde eine Temperatur von 73° C. haben, während die der unteren Schichten der Atmosphäre nur eine von 30° C. besitzt.

Aus vielen über die Temperatur in verschiedenen Höhen gemachten Beobachtungen geht hervor, daß die

Temperatur um einen Grad sinkt, wenn man um 111 bis 283 Meter steigt. Allein diese Abnahme ist nicht gleichförmig. Hr. v. Humboldt hat gezeigt, dafs sie von 1000 bis 3000 Meter sehr langsam, dagegen von 3000 bis 4000 Meter am raschesten ist.

Durch Combination aller bisher angestellten Beobachtungen ist Hr. Saigey zu folgendem Resultat gekommen, wenn am Boden eine Temperatur von 30° C. herrscht:

Druck.	Temperatur.	Untersch.	Druck.	Temperatur.	Untersch.
0 ^{mm}	$-62^{\circ},0$ C.		450 ^{mm}	$+4^{\circ},0$ C.	5,7
50	$-53,0$	9,0	500	$+9,3$	5,8
100	$-44,4$	8,6	550	$+14,2$	4,9
150	$-36,2$	8,2	600	$+18,6$	4,4
200	$-28,5$	7,7	620	$+22,6$	4,0
250	$-21,2$	7,3	700	$+26,2$	3,6
300	$-14,3$	6,9	750	$+29,4$	3,2
350	$-7,8$	6,5	760	$+30,0$	
400	$-1,7$	6,1			

In dieser Tafel nehmen die Temperatur-Unterschiede regelmäfsig um $0^{\circ},4$ ab. Nach der Gesamtheit der zu Genf, zu Freiburg und auf dem Gr. Bernhard gemachten Beobachtungen, nimmt Hr. Saigey an, dafs für jede andere Temperatur am Erdboden die zweiten Unterschiede gleichfalls constant sind, und dafs diese Zahl, gleich wie der erste Unterschied, proportional ist dem Unterschied in den Temperaturen des Bodens und des Himmelsraums. So z. B. würde man für eine Temperatur von 15° C. am Boden zur Bestimmung des ersten Unterschiedes die Proportion haben:

$$30 + 62 : 15 + 62 :: 9 : x = 7,53$$

und für die Variation der Unterschiede:

$$62 + 30 : 62 + 15 :: 0,4 : x = 0,33.$$

Hienach wäre es leicht, ähnliche Tafeln wie die obige für jede andere Lufttemperatur am Boden zu berechnen.

Berechnet man aus obiger Tafel die den Drucken entsprechenden Höhen, so gelangt man leicht zu den Höhen, welche Temperatur-Abnahmen von 5° entsprechen. Man erhält sonach folgende Tafel:

Temperat- uren.	Gesammte Höhe.	Höhe für jed. Grad.	Temperat- uren.	Gesammte Höhe.	Höhe für jeden Grad.
$+30^{\circ}$ C.	0		-20° C.	8807	196
25	954	191	—25	9870	212
20	1835	176	—30	11034	233
15	2678	169	—35	12343	262
10	3505	165	—40	13849	301
5	4329	165	—45	15694	369
0	5163	167	—50	18086	478
— 5	6018	171	—55	21651	713
—10	6902	177	—60	29638	1597
—15	7828	185			

Aus dieser Tafel geht hervor, daß der Gang der Erkaltung bis zu einer Höhe von 3 bis 400 Meter zunimmt, und darüber hinaus wieder abnimmt. Es giebt demnach eine Temperatur, bei welcher die Temperatur der Atmosphäre am möglich raschesten abnimmt. Diese Höhe wächst in dem Maafse als die Temperatur des Bodens abnimmt; und da die Erkaltung, bis zu dem Punkt der möglich schnellsten Wärmeabnahme nur schwache Veränderungen erleidet, so kann man sie als gleichförmig betrachten. Setzt man dann die Temperatur des Bodens folgwiese gleich 30° , 20° , 10° , 0° , -20° , -30° , -40° , -50° , -60° , so findet man, daß durchschnittlich die Erkaltung einen Grad beträgt für 175^m, 190, 209, 235, 270, 323, 411, 588, 1038, oder 6144^m. Es folgt daraus offenbar, daß die Erkaltung der Atmosphäre im Sommer rascher ist als im Winter, und rascher in heißen als in kalten Ländern.

Das Vorstehende findet keine Anwendung auf die Luft über großen Meeren, da für sie kein Versuch über die Temperatur in verschiedenen Höhen gemacht ist. Die

geringe tägliche Veränderung der Meerestemperatur und die Verdampfung müssen in der Luft über den Meeren ein anderes Erkaltungsgesetz hervorbringen als in der über den Continenten befindlichen Atmosphäre herrscht.

XIV. Ueber die Krystallform des Zinns; von W. H. Miller.

(*Phil. Magaz. S. III Vol. XXII p. 263.*)

Obwohl das Zinn, bei langsamer Erkaltung nach dem Schmelzen oder bei Reduction durch galvanische Wirkung, nicht selten in Krystallen beobachtet worden ist, so scheinen dieselben doch zu unvollkommen gewesen zu seyn, um eine Bestimmung ihrer Form durch Messung mit dem Reflexionsgoniometer zuzulassen. Leitet man indess den Strom einer schwach geladenen Daniell'schen Kette durch eine Lösung von Zinnchlorür, die man durch Eintauchung eines mit dem Kupfer-Element der Kette verbundenen Stückes Zinn nahe gesättigt erhält, so bekommt man nach vier oder fünf Tagen sehr vollkommene Krystalle.

Diese Krystalle gehören zum pyramidalen System. — Die Symbole der einfachen Gestalten, die beobachtet wurden, sind nach der in meinem »*Treatise on Crystallography*« angenommenen Bezeichnungsweise (wo der eine der Flächen jeder Gestalt bezeichnende Buchstabe vor das Symbol der Gestalt gestellt ist) folgende:

$a[100]$, $m[110]$, $p[111]$, $s[101]$, $r[301]$, $t[331]$.

Aus dem Mittel der besten von gegen 500 Messungen geht hervor, dafs

$$\frac{1}{a} = \frac{0,3857}{c},$$

und dafs die Winkel zwischen den Normalen der verschiedenen Flächen (Fig. 16 Taf. III) sind:

$am = 45^\circ 0'$	$ap = 70^\circ 12,5$	$mp = 61^\circ 23,5$
$ma = 45 0$	$ar = 52 53,4$	$mr = 31 26$
$pp' = 57 13$	$ms = 75 15,5$	$pp_s = 39 35$
$ss' = 42 11$	$mt = 57 39,3$	$rr_s = 74 13,2$
$tt' = 98 20$	$as = 68 54,5$	$ss_s = 29 29$
$rr' = 117 8$	$at = 40 50$	$tt_s = 64 41,3$

Zwillingskrystalle sind sehr häufig. Die Zwillingsaxe liegt winkelrecht entweder auf p oder r .

Bei den Krystallen, deren Zwillingsaxe winkelrecht auf der Fläche p ist (Fig. 17 Taf. III), sind die Winkel zwischen den Normalen der Flächen:

$$\begin{array}{ll} \underline{p'p'} = 65^\circ 34' & \underline{mm} = 57^\circ 13' \\ \underline{rr} = 120 5 & \underline{r''r''} = - 5^\circ 39' \end{array}$$

Bei den Krystallen, die ihre Zwillingsaxe winkelrecht auf der Fläche r haben (Fig. 18 Taf. III), machen die Normalen der Flächen die Winkel:

$$\begin{array}{ll} \underline{pp'} = 5^\circ 39' & \underline{mm} = 117 8' \\ \underline{pp} = 120 5 & \underline{r''r''} = 54 16. \end{array}$$

Sehr schlanke capillare Krystalle, angeblich durch Schmelzung entstanden, die ich Hrn. Brooke verdanke, sind reguläre achtseitige Prismen, eine Combination der Gestalten, zu welchen die Flächen a , m gehören. Die krystallinischen Andeutungen, die man auf der Oberfläche des nach dem Schmelzen erkalteten Zinns erblickt, ähneln sehr der verworrenen Krystallisation, welche das Metall zuweilen bei Reduction durch den galvanischen Strom darbietet. Demnach haben aller Wahrscheinlichkeit nach die durch Schmelzung erhaltenen Krystalle dieselbe Gestalt wie die durch galvanische Wirkung erzeugten.

Bei 10° C. ist das specifische Gewicht der Krystalle, dividirt durch das des Wassers, 7,178. Bei derselben Temperatur ward das specifische Gewicht einer durch Schmelzung der Krystalle erhaltenen Masse, dividirt durch das des Wassers, gleich 7,293 gefunden.

Schließlich will ich bemerken, daß das Zinn unter den einfachen Substanzen die einzige bis jetzt bekannte ist, deren Krystalle zum pyramidalen System gehören, so wie es auch das einzige krystallisirbare Metall darstellt, das weder dem octaëdrischen noch dem rhomboëdrischen System angehört. Es ist auch, glaube ich, der erste Fall, wo die Wirkung der Volta'schen Elektricität zur genauen Kenntniß einer neuen Krystallspecies geführt hat.

Nachschrift. Seit ich Obiges zur Einrückung in das *Philosophical Magazine* abgesandt, habe ich in Professor Frankenheim's »*System der Krystalle*« (Abhandlung im *Vol XIX* der *Nova Acta Acad. Nat. Cur.*) folgende Stelle gefunden: »Das Zinn kommt, nach Breithaupt, in den Zinnöfen von Cornwallis in hexagonalen Prismen vor. Ich habe es bei Reduction in niedriger Temperatur immer in tesserale Formen erhalten.« Die hexagonalen Prismen von Breithaupt sind aller Wahrscheinlichkeit nach eine Legirung von Zinn und Kupfer, CuSn^2 , deren Krystalle von mir, nach einer Stufe aus der Mineraliensammlung zu Strasburg, im *Philosophical Magazine*, Februar 1835, beschrieben wurden ¹⁾. Es erhellt nicht, ob Frankenheim irgend Formen des octaëdrischen Systems, aufser drei gegen einander rechtwinklichen Flächen, beobachtet habe. Das Vorkommen dreier unter sich winkelrechter Flächen, obwohl kein absoluter Beweis, daß die Krystalle zum octaëdrischen, und nicht zum pyramidalen System gehören, würde jedoch stark vermuthen lassen, daß sie es im gegenwärtigen Falle thaten, in sofern ich niemals im Stande war die geringste Anzeige von einer auf der Axe der Pyramide winkelrechten Fläche zu entdecken.

1) Siehe Annalen, Bd. XXXVI S. 479.

XV. *Beschreibung des Faujasit, einer neuen Mineralspecies; von Hrn. Damour.*

(Auszug aus den *Annal. des Mines, Ser. IV T. 1 p. 395.*)

Die Mandelsteine des Kaiserstuhls haben seit lange den Mineraliensammlungen eine bedeutende Anzahl krystallisirter Mineralien aus der Klasse der Silicate geliefert. Auf einer Stufe dieses Gesteins bemerkte Herr Marquis de Drée vor Kurzem eine in Octaëdern krystallisirte Substanz, die ihm von den bekannten Species abzuweichen schien. Die meisten dieser Krystalle waren klar und farblos, andere hatten eine matte Oberfläche, und einige, von brauner Farbe, zeigten einen lebhaften Glanz, analog dem des Zirkons oder Diamants. Uebrigens wichen diese braunen Krystalle an Form und chemischen Eigenschaften in nichts von den klaren ab. Ihr Verhalten zum Licht kann einer mechanisch eingelagerten bituminösen Substanz zugeschrieben werden.

Einige vorläufige Versuche hatten die Anwesenheit von Kieselerde, Thonerde, Kalk, Natron und einer grossen Menge Wasser in diesem Mineral erkennen lassen; es blieben noch ihre Verhältnisse zu ermitteln. Herr Marquis de Drée war so gut einige seiner Stufen aufzuopfern; es gelang etwa 0,4 Grm. sorgfältig ausgesuchter Stücke octaëdrischer Krystalle zu sammeln, und nur mit dieser geringen Menge konnte die nachstehende Analyse unternommen werden.

Kennzeichen und Vorkommen dieses Minerals. Es findet sich in einem Mandelstein, der in allen Richtungen von schwarzen Augitkrystallen durchsetzt ist, stellenweise eine braune, erdige, sanft anzufühlende, dem Eisenoxyd ähnelnde Substanz enthält, und viele Aehnlichkeit mit dem besitzt, welcher den Hyaolsiderit ent-

hält. Die octaëdrischen Krystalle sitzen in Blasen und Höhlungen.

Sie sind spröde, ritzen Glas ziemlich leicht. Ihr Bruch ist glasig und uneben. Das spec. Gewicht = 1,923. In einer Röhre erhitzt, lassen sie viel Wasser entweichen und behalten ihre Durchsichtigkeit. Vor dem Löthrohr schwellen sie auf und schmelzen zu einem weissen blasigen Email. Mit Phosphorsalz am Platindraht geschmolzen, lösen sie sich gänzlich. Das geschmolzene Salz wird nach dem Erkalten milchig. Mit einer geringen Menge Soda kochen sie auf und geben ein farbloses durchsichtiges Glas. Salzsäure zersetzt dieselben, selbst nachdem das Wasser aus ihnen verjagt worden.

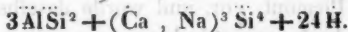
Sie sitzen an einer andern, weissen, faserigen, warzenförmigen Substanz. Diese Substanz wird von Säuren angegriffen; allein bis zur Rothgluth erhitzt, wird sie weiss und verliert diese Eigenschaft. Sie schwillt vor der Löthrohrflamme auf, schmilzt zum weissen Email und giebt mit kohlen saurem Natron ein klares Glas.

0,3846 Grm. des octaëdrischen Minerals, in kleinen Stücken zuvor bei 80° C. getrocknet, wurden in einem zugedeckten Platintiegel bis zum Rothglühen erhitzt. Sie verloren dabei 0,0865 Grm. Die Stücke waren durchsichtig geblieben, nur zeigten sie hie und da einige weisse Punkte, vermuthlich von der oben angegebenen warzenförmigen Substanz, die nicht hatte vollständig entfernt werden können.

Das vom Wasser befreite Mineral wurde warm mit concentrirter Chlorwasserstoffsäure aufgeschlossen; die dabei zurückgebliebene Kieselerde, mit kohlen saurem Natron gekocht, hinterliess 0,021 Grm. Muttergestein, so dass in Wirklichkeit nur 0,3636 Grm. des Minerals zerlegt wurden. Die ferner (nach bekannten Methoden) unternommene Analyse führte zu dem Resultat:

		in 100.	Sauerstoff.	
Kieselerde	0,1795	49,36	2564	10
Thonerde	0,0610	16,77	783	3
Kalk	0,0182	5,00	140	1
Natron	0,0158	4,34	111	
Wasser	0,0865	22,49	1997	8
	0,3610	97,96		

entsprechend der Formel:



Messungen mit dem Reflexionsgoniometer, unternommen von Hrn. de Drée und Hrn. Decloizeaux, gaben folgende Resultate:

$$B' \text{ zu } B' \text{ über den Scheitel} = 74^\circ 30'$$

$$B' - B' \text{ anliegend} = 111^\circ 30'$$

$$B' - B' = 105^\circ 30'.$$

Sie beziehen sich also auf ein Quadratoctaëder, dessen Höhe zur Seite seiner Grundfläche nahe wie 4 : 3 (Taf. II Fig. 11 und 12). Die bis jetzt beobachteten Krystalle haben keine Abstumpfungen der Ecken oder Kanten gezeigt.

An Stufen dieser Substanz, die Hr. Bertram de Lom erstanden hatte, beobachtete Hr. de Drée einen Zwillingskrystall (abgebildet in Fig. 13 Taf. II), der, trotz der obigen Messungen, zum regelmässigen Krystallsystem zu gehören scheint.

Zu Ehren des den Mineralogen und Geognosten durch seine Arbeiten über erloschene Vulkane wohl bekannten Hrn. Faujas de Saint-Fond schlägt Hr. Damour vor, dieß Mineral *Faujasit* zu nennen.

XV. *Beschreibung des Villarsit;*
von Hrn. Dufrénoy.

(*Annal. des Mines, Ser. IV T. I p. 387. Auszug.*)

Der Villarsit (von dem schon im Bd. LVI S. 642 dies. Annal. eine kurze Notiz gegeben ward) kommt zu Traverselle, in Piemont, vor, und wurde daselbst von Hrn. Bertrand de Lom entdeckt.

Er ist gelblichgrün, von körnigem Bruch, und gleicht an Textur und Farbe gewissen Apatiten von Arendal sehr. Seine geringe Härte und Halbdurchsichtigkeit bringen ihn dem Serpentin nahe, mit dem er eine große Aehnlichkeit hat. Er ist leicht ritzbar und seine körnige Beschaffenheit macht ihn brüchig.

Unschmelzbar vor dem Löthrohr, giebt er, mit 8 bis 10 Theilen Borax geschmolzen, ein grünes Email. Er ist löslich in starken Säuren.

Unangreifbar von Essig und wenig veränderlich in andern sehr verdünnten Säuren, kann man den Villarsit leicht vom daran sitzenden Dolomit trennen. Ohne eine solche Behandlung würde es schwer halten, hinreichend reine Stücke für die Analyse zu bekommen; sie hat auch den Vortheil, die Krystallisation aufzudecken; man bemerkt dann, daß die körnige Beschaffenheit des Villarsits aus kleinen octaëdrischen Krystallen entspringt, die an und durch einander liegen.

Die Oberfläche der Krystalle wird blind, oft weiß, durch Ausscheidung von gallertartiger Kieselerde. Dieser Krystalle kann man sich also nicht zur Bestimmung der geometrischen Formen bedienen; es ist gut die zur Analyse bestimmten stark zu bürsten. Das spec. Gewicht ist 2,975.

Die Grundform des Villarsits ist ein gerades rhom-

bisches Prisma von $119^{\circ} 59'$ (Fig. 14 Taf. II). Die gemessenen Krystalle hatten die Gestalt Fig. 15 Taf. II, nebst geraden Abstumpfungen der Kanten zwischen b und b' . Die Hauptwinkel (wovon die mit * berechnet wurden) sind:

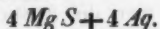
$$\begin{array}{lll} P : M = 90^{\circ} & P : b' = 136 & 32 \\ * M : M = 119 & 59' & b : b(b'?) = 139 & 45' \\ P : b = 136 & 32 & * b : b = 86 & 40' \end{array}$$

Hienach steht die Seite B zur Höhe H im Verhältniß 10 : 4,45.

Zwei Analysen, nach bekannten Methoden ausgeführt, gaben:

	in 100:		Sauerstoff.	
Kieselerde	39,40	39,61	20,57	4
Talkerde	45,33	47,37	18,37	19,73 4
Eisen (oxydul)	4,30	3,59	0,69	
Mangan	2,86	2,42	0,53	
Kalk	0,54	0,53	0,14	
Kali	0,46	0,46		
Wasser	5,80	5,80	5,14	1
	98,69	99,77		

entsprechend der Formel:



Ohne sein Wasser würde der Villarsit die Zusammensetzung des Peridot haben; doch kann er sonst nicht mit diesem verglichen werden, vielmehr gebührt ihm wegen seiner Form und einfachen Zusammensetzung offenbar ein selbstständiger Platz im Mineralsystem. Er liefert ein neues Beispiel von dem Vorkommen eines wasserhaltigen Minerals in Gesteinen, die offenbar vulkanischer Natur sind.

- 1) Hr. D. nimmt dafür $86^{\circ} 56'$, als das Complement von P zu b , welcher Winkel wegen des starken Glanzes von P mit größerer Genauigkeit meßbar ist.

XVI. *Notizen.*

1) *Neue Bestätigung der Undulationstheorie.* — Im *Philosoph. Magaz. Ser. III Vol. XXII, p. 262*, macht Hr. Powell bekannt, daß er den von Hrn. Earnshaw vorgeschlagenen Versuch (S. 448 dies. Bandes) ausgeführt, und, ganz der Voraussage gemäß, die Verwandlung des rechts circular polarisirten Lichts in links circular polarisirtes, bei nahe senkrechter Zurückwerfung (und umgekehrt), bestätigt gefunden habe.

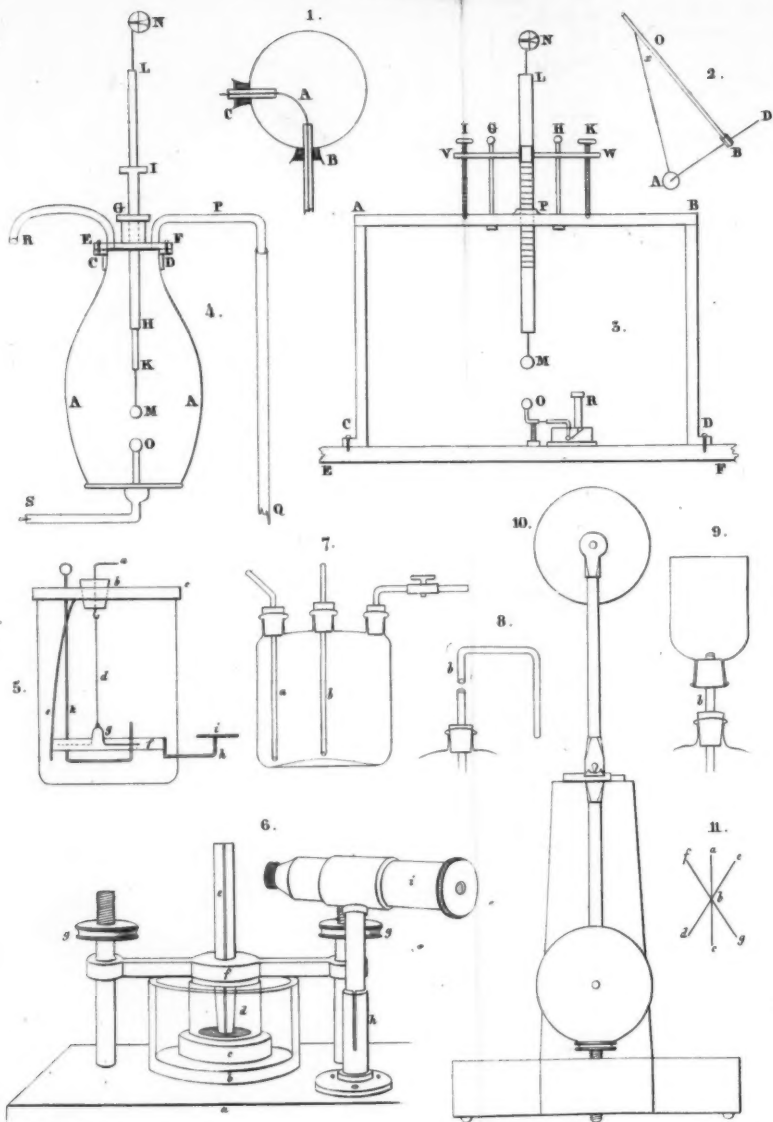
2) *Wärmestrahlung.* — In dem Programm der Danziger Petrischule für 1842 findet sich von dessen Director, Hrn. Prof. Strehlke, unter andern folgende Bemerkung: Wenn man ein verkorktes Glas, worin etwas Wasser befindlich ist, in der Mitte eines Zimmers auf einen Tisch stellt, so bemerkt man nach einiger Zeit an den den einzelnen Fenstern zunächst gelegenen Stellen des Glases einen Niederschlag des Wasserdampfs in tropfbarer Gestalt. Steht das Gefäß in der Nähe eines Fensters, durch welches man die Aussicht auf Gebäude hat, zwischen denen freier Himmel durchblickt, so bemerkt man in der Form der Begränzung des Niederschlags einen Einfluß der Configuration der lichten und dunklen Stellen, welche die Aussicht des Fensters bestimmen. —

heid
sion
dad
lau
row

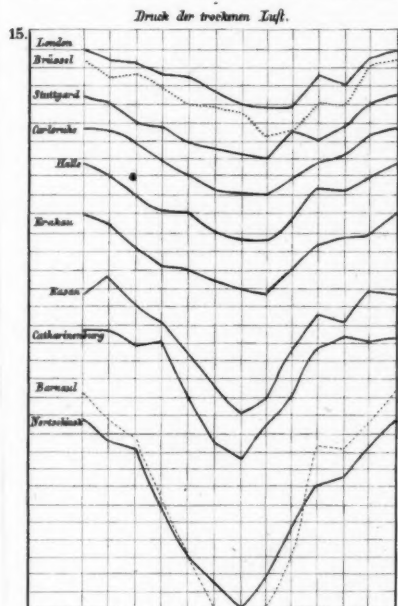
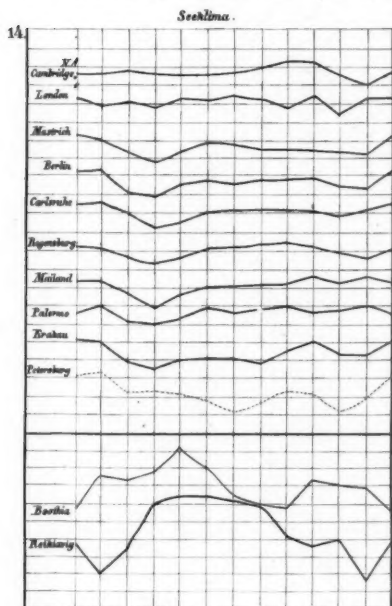
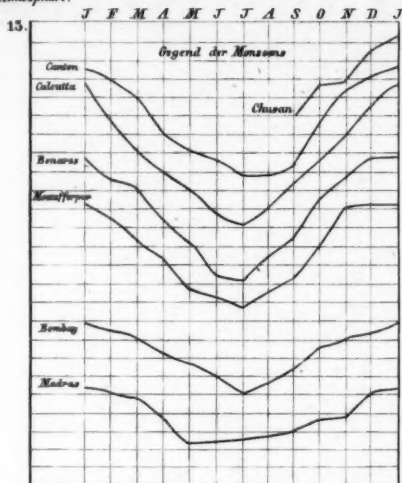
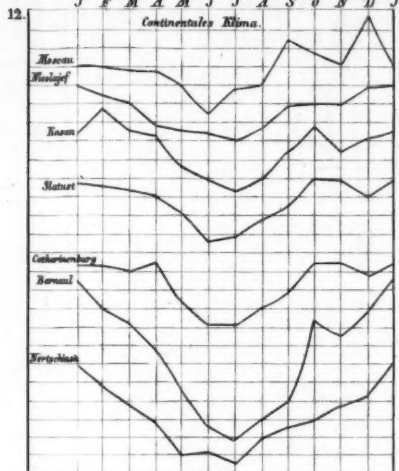
acht
a a w
isge-
and-
cir-
fung

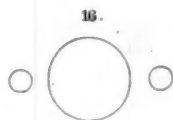
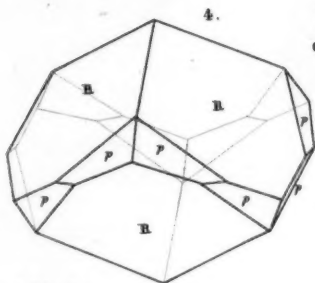
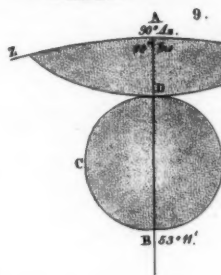
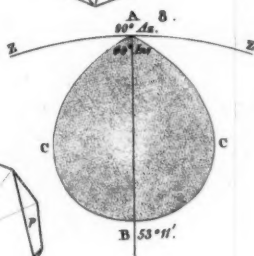
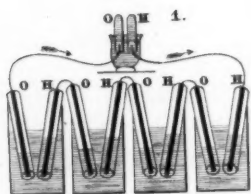
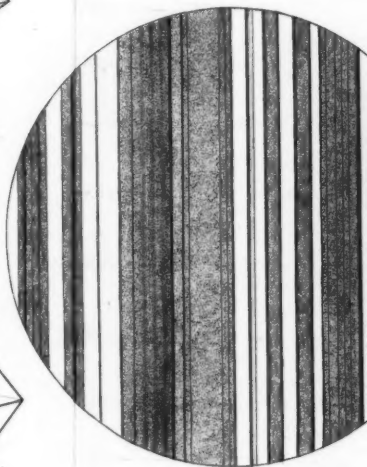
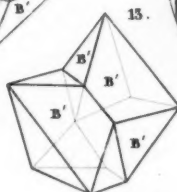
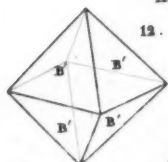
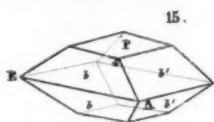
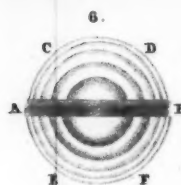
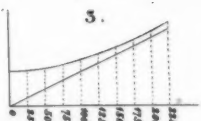
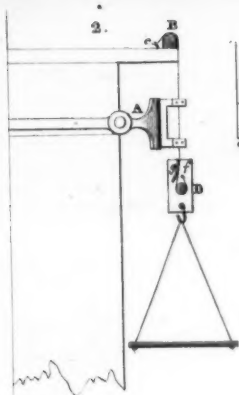
Dan-
ctor,
lung.
asser
inen
den
des
ropf-
Fen-
hat,
nerkt
s ei-
nklen
l. —

alle
sion
d. 187
d. 187
d. 187
d. 187

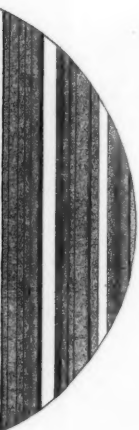


C. Guinand sc.

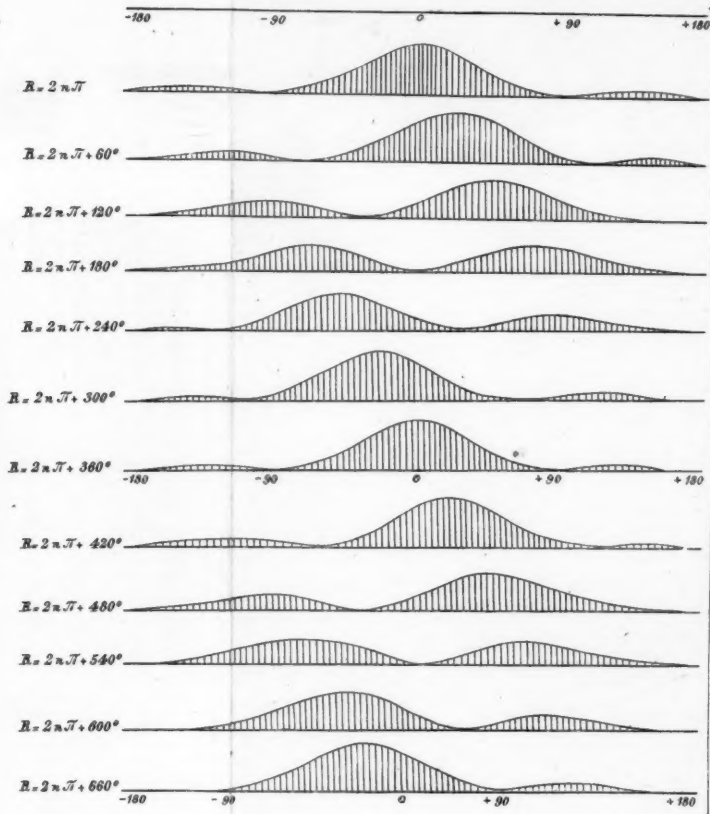




C. Guinand sc.



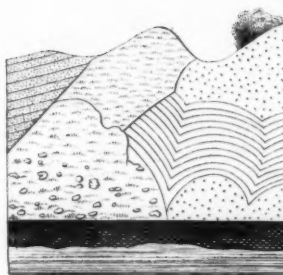
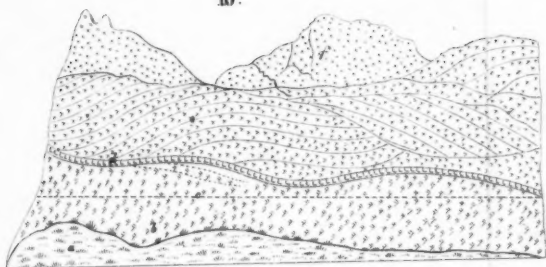
10.



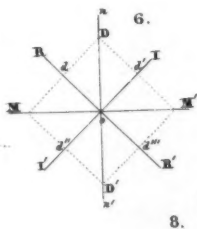
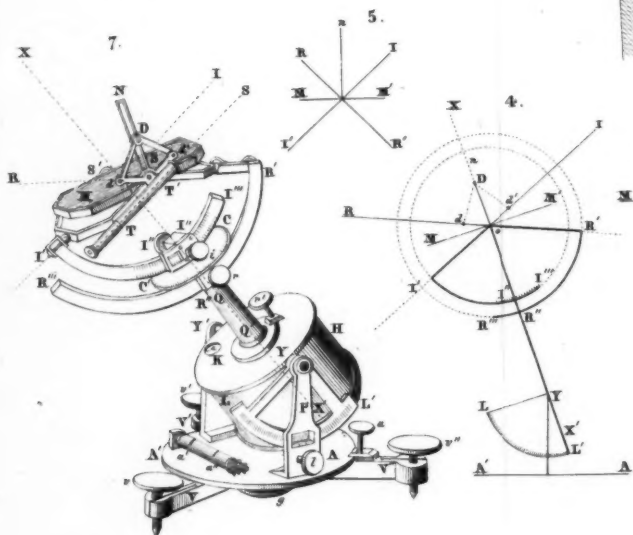
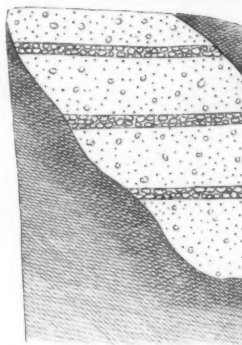
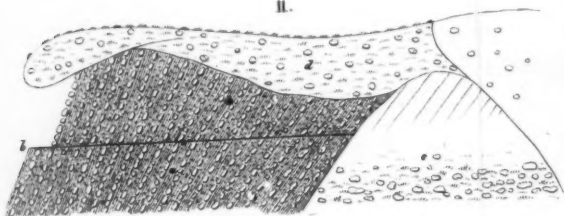
17.

而 如 附 耳 旁 有 二 小 星

10.



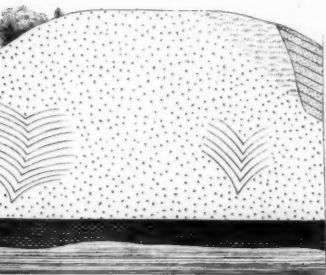
11.



8.

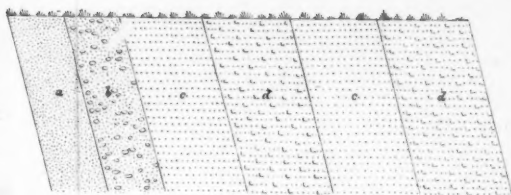


12.

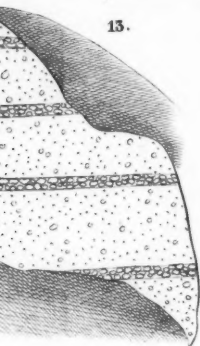


14.

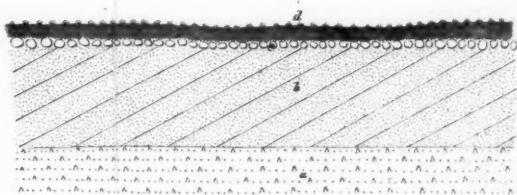
Taf. III.



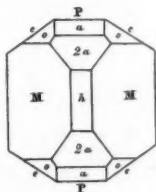
13.



15.



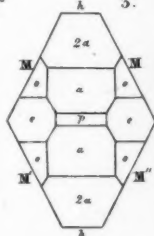
2.



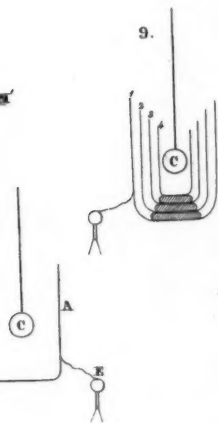
1.



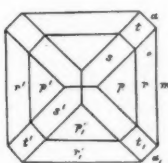
3.



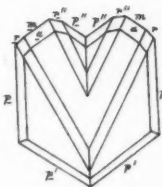
9.



16.



17.



18.

